

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERA E INGENIERO AMBIENTALES**

**TEMA:  
EVALUACIÓN TÉCNICA, SOCIOECONÓMICA Y AMBIENTAL DE DOS  
PROTOTIPOS DE BIODIGESTORES A PARTIR DE ESTIÉRCOL PORCINO EN LA  
ZONA AGRÍCOLA DE LA GRANJA “EL LIMONAR” UBICADA EN LA PARROQUIA  
DE CUBIJIES, CANTÓN RIOBAMBA**

**AUTORES:  
MARÍA ISABEL PAUCAR ANGULO  
ROBINSON DANILO SALGUERO BALDES**

**TUTOR:  
CECILIA ELIZABETH BARBA GUEVARA**

**Quito, noviembre del 2021**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

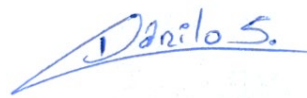
Nosotros, María Isabel Paucar Angulo con documento de identificación N° 172645346-5 y Robinson Danilo Salguero Baldes con documento de identificación N° 172364530-3, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: EVALUACIÓN TÉCNICA, SOCIOECONÓMICA Y AMBIENTAL DE DOS PROTOTIPOS DE BIODIGESTORES A PARTIR DE ESTIÉRCOL PORCINO EN LA ZONA AGRÍCOLA DE LA GRANJA “EL LIMONAR” UBICADA EN LA PARROQUIA DE CUBIJIES, CANTÓN RIOBAMBA, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERA E INGENIERO AMBIENTALES, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



---

María Isabel Paucar Angulo  
172645346-5



---

Robinson Danilo Salguero Baldes  
172364530-3

Quito, noviembre de 2021

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTORA**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo Experimental, **EVALUACIÓN TÉCNICA, SOCIOECONÓMICA Y AMBIENTAL DE DOS PROTOTIPOS DE BIODIGESTORES A PARTIR DE ESTIÉRCOL PORCINO EN LA ZONA AGRÍCOLA DE LA GRANJA “EL LIMONAR” UBICADA EN LA PARROQUIA DE CUBIJIES, CANTÓN RIOBAMBA**, realizado por María Isabel Paucar Angulo y Robinson Danilo Salguero Baldes, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, noviembre de 2021



---

Cecilia Elizabeth Barba Guevara  
C.I.:170748292-1

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada con todo mi amor a:

Dios, quien, con su amor, su compañía y bondad me permitió cumplir uno de los anhelos de mi corazón.

A mis padres Miguel Paucar y Narciza Angulo, quienes, con su gran amor, consejos, paciencia y apoyo incondicional, me han ayudado a cumplir uno de mis grandes sueños.

A mi hermana Gabriela Paucar por su amor, paciencia y sobre todo por el apoyo incondicional.

A mi fiel y amado Tobías, quién llegó a mi vida para llenarla de alegrías, además de su compañía constante en el proceso de elaboración de mi tesis.

A mi abuelita María y a mi tío David, parte importante y fundamental en mi vida.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi querido y amado oratorio “Padre José Carollo”, amigos este logro también lo celebró con ustedes.

María Isabel Paucar Angulo.

Esta tesis está dedicada:

A mi madre, quien me enseñó con su ejemplo que las victorias más grandes se logran estando de rodillas ante Dios.

A mi novia Mikaela quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

Para mis amigas de la carrera con quienes compartí momentos inolvidables que no cambiaría por nada.

Robinson Danilo Salguero Baldes

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi mayor gratitud a Dios, quien con su amor infinito y bendición llena mi vida.

A mi madre Narciza Angulo y a mi padre Miguel Paucar por todo el amor y apoyo que me brindan día a día, gracias por formar mis alas para seguir cumpliendo mis sueños y gracias por ser mi ancla cuando pierdo el control y mi centro. Un infinito Dios le apague papitos por ser siempre mi refugio donde encuentro paz, amor, risas, regaños y sobre todo bendiciones.

A mi hermana y compañera de vida Gabriela Paucar, la vida no me alcanzaría para agradecerte lo bondadosa que eres conmigo y con todos los que te rodean, gracias por ser esa motivación constante, gracias por cumplir mi sueño sin importarte nada, ni siquiera si eso limitaba el tuyo.

A mi Tobías, como no agradecer tu compañía 24/7, sé que Dios te mando a mi familia con un propósito. Te amo mi amor bonito.

A mi abuelita María, mi mamita gracias por esas historias y cuentos para quitarme un poquito el estrés, gracias por ese amor expresado en cada palabra, abrazo y acciones.

A mi querida familia oratoriana “Padre José Carollo”, gracias amigos por ese cariño, apoyo y luz que le dan a mi vida.

María Isabel Paucar Angulo.

En primer lugar, deseo agradecer a Dios por haberme permitido alcanzar una meta más en mi vida, sin su bendición no habría podido llegar hasta aquí.

Deseo agradecer a mi familia en especial a mi madre por haber brindado su apoyo incondicional a través de toda la carrera, por los valores que me inculco desde pequeño y el

cariño que me ha demostrado día a día, a mis hermanos por ayudarme a cumplir esta meta que sin ellos no habría sido posible.

De forma muy especial deseo agradecer a mi persona favorita en este universo Isabel, aquella persona que siempre me apoyado, que a pesar de todo ha seguido conmigo, soportándome y nunca me ha fallado, gracias por ser incondicional conmigo no olvides que te quiero.

Finalmente, un gran agradecimiento al personal docente de la carrera de Ingeniería Ambiental y a mis amigas de la carrera.

Robinson Danilo Salguero Baldes

De manera especial extendemos nuestro agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana, por brindarnos una educación en valores y ética para desarrollar de mejor manera nuestro perfil profesional.

A Margarita, propietaria de la granja “El Limonar” nuestro más grande agradecimiento por recibirnos en su propiedad, por la colaboración y ayuda constante en el proceso de investigación.

Nuestros sinceros agradecimientos a la Doctora Cecilia Barba Guevara, nuestra tutora, quien, con sus conocimientos, profesionalismo y palabras de motivación, nos ha sabido orientar y dirigir en todos los momentos presentados durante la elaboración de nuestro trabajo de titulación.

Isabel Paucar y Danilo Salguero

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>xix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xxi</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Pregunta de Investigación.....	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Hipótesis .....	3
<b>2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Población Porcina en el Ecuador .....	4
2.1.1 Sistema de Producción.....	5
2.2 Población Porcina en el Cantón Riobamba.....	6
2.3 Descripción de la Parroquia Rural de Cubijies.....	6
2.4 Línea Base Ambiental.....	7
2.4.1 Componente Abiótico .....	7
2.4.2 Componente Biótico .....	8
2.4.3 Medio Socioeconómico .....	8
2.4.4 Encuestas.....	8
2.5 Excretas Porcinas.....	8

2.5.1	Composición de las Excretas Porcinas .....	9
2.5.2	Volumen Generado de Excretas.....	9
2.5.3	Impactos Ambientales.....	10
2.5.4	Matriz de Leopold.....	13
2.6	Alternativa de Tratamiento .....	13
2.6.1	Biodigestor.....	14
2.6.2	Historia del Biodigestor .....	14
2.6.3	Biogás .....	14
2.6.4	Conceptos en el Diseño de un Biodigestor .....	15
2.6.5	Digestión Anaerobia .....	15
2.6.6	Tipo de Biodigestores .....	19
2.6.7	Ventajas del Biodigestor.....	20
2.6.8	Tecnologías para el Aprovechamiento de Biogás.....	21
2.7	Marco Legal .....	22
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
3.1	Localización del Área de Estudio .....	25
3.2	Detalle del Área de Estudio .....	26
3.3	Valoración de la Situación de la Granja.....	26
3.3.1	Estado de los Corrales para la Crianza Porcina .....	26
3.3.2	Identificación de Flora y Fauna .....	26



3.3.3	Identificación del Clima.....	27
3.3.4	Caracterización Edafológica .....	27
3.3.5	Estimación de Consumo y Calidad de Agua para la Actividad Porcina .....	28
3.3.6	Residuos Generados en la Granja por la Actividad de Crianza Porcina.....	30
3.4	Aplicación de Encuestas .....	31
3.5	Muestreo y Análisis .....	32
3.5.1	Toma de Muestra y Análisis de Suelo Contaminado.....	32
3.6	Identificación y Calificación de Impactos Ambientales de la Granja.....	34
3.6.1	Metodología para la Elaboración de la Matriz de Leopold.....	34
3.7	Diseño de Biodigestores a Nivel Conceptual.....	36
3.7.1	Caracterización de Estiércol .....	36
3.7.2	Elección de los Biodigestores .....	38
3.7.3	Memoria de Cálculo.....	38
3.7.4	Planos.....	50
3.7.5	Especificaciones Técnicas .....	50
3.7.6	Evaluación Socioeconómica .....	50
3.7.8	Evaluación Ambiental.....	50
3.7.9	Evaluación Socioeconómico y Ambiental del Biogás Frente al GLP. ....	51
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>52</b>
4.1	Localización del Área de Estudio .....	52

4.2	Detalle del Área de Estudio .....	52
4.3	Valoración de la Situación de la Granja .....	53
4.3.1	Estado de los Corrales para la Crianza Porcina .....	53
4.3.2	Identificación de Flora y Fauna .....	55
4.3.3	Identificación del Clima.....	56
4.3.4	Caracterización Edafológica .....	57
4.3.5	Estimación de Consumo y Calidad de Agua Para la Actividad Porcina.....	59
4.3.6	Residuos Generados en la Granja por la Actividad de Crianza Porcina.....	61
4.4	Aplicación de Encuestas .....	63
4.4.1	Parte 1: Información General.....	63
4.4.2	Parte 2: Información Socioeconómica .....	64
4.4.3	Parte 3: Información Ambiental.....	64
4.5	Muestreo y Análisis .....	65
4.5.1	Análisis de Suelo Contaminado .....	65
4.6	Identificación y Calificación de Impactos Ambientales de la Granja.....	66
4.6.1	Análisis de la Matriz de Leopold.....	66
4.7	Diseño de Biodigestores a Nivel Conceptual.....	67
4.7.1	Caracterización de Estiércol .....	67
4.7.2	Elección de Biodigestores.....	69
4.7.3	Memoria de Cálculo.....	72

4.7.4	Planos.....	75
4.7.5	Especificaciones Técnicas .....	80
4.7.6	Evaluación Socioeconómica .....	82
4.7.8	Evaluación Ambiental.....	82
4.7.9	Evaluación Socioeconómico y Ambiental del Biogás Frente al GLP. ....	83
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>84</b>
5.1	Conclusiones.....	84
5.2	Recomendaciones .....	85
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>85</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>99</b>
7.1	Anexo 1. Registro Fotográfico.....	99
7.2	Anexo 2. Fichas de Levantamiento de Información de Fauna y Flora .....	101
7.2.1	Ficha Levantamiento Componente Biótico Flora.....	101
7.2.2	Ficha Levantamiento Componente Biótico Fauna.....	103
7.3	Anexo 3. Plantilla de la Encuesta .....	104
7.4	Anexo 4. Localización del Área de Estudio.....	109
7.5	Anexo 5. Informe de Resultados Edafológicos de Suelo No Intervenido .....	110
7.6	Anexo 6. Informe de Resultados de Calidad de Agua.....	110
7.7	Anexo 7. Gráficas de Resultados de Encuestas .....	112
7.7.1	Información general.....	112

7.7.2	Nivel Socioeconómico.....	113
7.7.3	Nivel Ambiental.....	116
7.8	Anexo 8. Informe Resultados Suelo Contaminado con Excretas .....	120
7.9	Anexo 9. Resultados Matriz de causa y efecto (Leopold) .....	121
7.10	Anexo 10 Informe Resultados de Excretas.....	124
7.10.1	Resultados Cerdos Adultos.....	124
7.10.2	Resultados Cerdos Jóvenes.....	125
7.10.3	Resultados Mezcla Cerdos Jóvenes y Adultos.....	126

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 <i>PRODUCCIÓN DIARIA DE EXCRETAS SEGÚN LA FISIOLOGÍA</i> .....	9
TABLA 2 <i>PRINCIPALES AGENTES NOCIVOS DE LOS BIOAEROSOLE</i> .....	12
TABLA 3 <i>PARÁMETROS DE ANÁLISIS PARA SUELO NO INTERVENIDO DE LA GRANJA</i> .....	27
TABLA 4 <i>PARÁMETROS DE ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA DE LA GRANJA</i> .....	29
TABLA 5 <i>PARÁMETROS PARA ANÁLISIS DE SUELO CONTAMINADO CON EXCRETAS</i> .....	33
TABLA 6 <i>CALIFICACIÓN PARA IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS APLICADOS EN LA MATRIZ DE LEOPOLD</i> .....	35
TABLA 7 <i>CALIFICACIÓN PARA IMPACTOS AMBIENTALES POSITIVOS APLICADOS EN LA MATRIZ DE LEOPOLD</i> .....	35
TABLA 8 <i>PARÁMETROS PARA ANÁLISIS DE ESTIÉRCOL</i> .....	37
TABLA 9 <i>VALORES DE CANTIDAD, RENDIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE BIOGÁS</i> .....	39
TABLA 10 <i>VALORES DE TIEMPO DE RETENCIÓN</i> .....	39
TABLA 11 <i>FACTOR DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS</i> .....	40
TABLA 12 <i>DATOS DE CÁLCULO</i> .....	40
TABLA 13 <i>COORDENADAS GEOGRÁFICAS UTM DE LA GRANJA</i> .....	52
TABLA 14 <i>DESCRIPCIÓN DE LA GRANJA</i> .....	52
TABLA 15 <i>DATOS DE TEMPERATURA 2016-2020</i> .....	57
TABLA 16 <i>RESULTADOS DEL MUESTREO DE SUELO NO INTERVENIDO DE LA GRANJA</i> .....	57
TABLA 17 <i>RESULTADOS DEL MUESTREO PARA IDENTIFICAR LA CALIDAD DE AGUA DE LA GRANJA</i> ...	60
TABLA 18 <i>COMPARACIÓN DE RESULTADOS FRENTE A LA NORMATIVA DE “LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUA DE USO AGRÍCOLA” (TULSMA, 2015).</i> .....	61
TABLA 19 <i>RESIDUOS IDENTIFICADOS DE LA PRODUCCIÓN PORCINA</i> .....	62
TABLA 20 <i>PESO Y PRODUCCIÓN DIARIA DE EXCRETAS</i> .....	63
TABLA 21 <i>RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO CONTAMINADO</i> .....	65
TABLA 22 <i>RESULTADO DEL ANÁLISIS DE ESTIÉRCOL PORCINO</i> .....	67
TABLA 23 <i>CRITERIOS DE COMPARACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE BIODIGESTORES</i> .....	69

TABLA 24 <i>PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO BIODIGESTOR CÚPULA FLOTANTE</i> .....	73
TABLA 25 <i>DIMENSIONES BIODIGESTOR INDIO O DE CÚPULA FLOTANTE</i> .....	73
TABLA 26 <i>DIMENSIONAMIENTO DEL GASÓMETRO</i> .....	74
TABLA 27 <i>PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO BIODIGESTOR TUBULAR</i> .....	74
TABLA 28 <i>DIMENSIONES DEL BIODIGESTOR TUBULAR</i> .....	75
TABLA 29 <i>DIMENSIÓN DE LA ZANJA DE COLOCACIÓN</i> .....	75
TABLA 30 <i>MATERIALES Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE BIODIGESTOR INDIO O DE CÚPULA FLOTANTE</i> .....	80
TABLA 31 <i>MATERIALES Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE BIODIGESTOR TUBULAR</i> .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 <i>UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</i> .....	25
FIGURA 2 <i>APLICACIÓN DE ENCUESTAS</i> .....	32
FIGURA 3 <i>TOMA DE MUESTRA DE SUELO</i> .....	33
FIGURA 4 <i>TOMA DE MUESTRA DEL ESTIÉRCOL</i> .....	37
FIGURA 5 <i>EFLUENTES DEPOSITADOS EN POZO SÉPTICO</i> .....	54
FIGURA 6 <i>DRENAJE DE FLUIDOS PROVENIENTES DE LOS CORRALES</i> .....	54
FIGURA 7 <i>FLORA PROPIA DEL LUGAR DE ESTUDIO</i> .....	55
FIGURA 8 <i>FAUNA PRESENTE EN LA GRANJA (ALPACA)</i> .....	56
FIGURA 9 <i>ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CERDOS</i> .....	59

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AGROCALIDAD	Agencia Ecuatoriana para el Aseguramiento de la Calidad
AGV	Acumulación de Ácidos Grasos Volátiles
ASPE	Asociación de Porcicultores del Ecuador
COA	Código Orgánico del Ambiente
DEAGA	Dirección de Estadística Agropecuarias y Ambientales
ESAG	Unidad de Estadísticas Agropecuarias
ESPAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
GLP	Gas Licuado del Petróleo
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	Organización Internacional de Normalización
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
ODEPA	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
OIE	Organización Mundial de Sanidad Animal
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
PDOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
PVC	Policloruro de Vinilo



RCOA	Reglamento al Código Orgánico del Ambiente
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
UPS	Universidad Politécnica Salesiana

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Registro Fotográfico.....	99
Anexo 2. Fichas de Levantamiento de Información de Fauna y Flora.....	101
Anexo 3. Plantilla de la Encuesta.....	104
Anexo 4. Localización del Área de Estudio.....	109
Anexo 5. Informe de Resultados Edafológicos de Suelo No Intervenido.....	110
Anexo 6. Informe de Resultados de Calidad de Agua.....	111
Anexo 7. Gráficas de Resultados de Encuestas.....	112
Anexo 8. Informe Resultados Suelo Contaminado con Excretas.....	120
Anexo 9. Resultados Matriz de causa y efecto (Leopold).....	121
Anexo 10 Informe Resultados de Excretas.....	123

## RESUMEN

El cantón Riobamba, perteneciente a la provincia de Chimborazo, es considerado como uno de los lugares en los que su población se dedica a la crianza en gran cantidad de ganado porcino. La crianza de cerdos contribuye al aumento de producción y economía de la zona ganadera, razón por la cual existe la necesidad de incrementar zonas de crianza, insumos y consumo del recurso agua, esto implica el crecimiento de la generación de residuos sólidos como estiércol y viruta. Contar con técnicas amigables con el ambiente o con una infraestructura adecuada destinada al fin productivo, es un desafío para la granja. Bajo lo expuesto, el presente trabajo está encaminado en evaluar la viabilidad técnica, económico-social y ambiental de dos prototipos de biodigestores para la zona agrícola de la granja "El Limonar" ubicada en la parroquia de Cubijes, cantón Riobamba, a fin de que sea posible implantar en un futuro un programa piloto de Biodigestores. Para el diagnóstico de la situación ambiental de la granja se identificó los puntos críticos en el proceso de crianza de cerdos, además de caracterizar el recurso suelo, agua, aire y materia orgánica, por medio de análisis realizados en el laboratorio acreditado de suelo y agua de la Universidad Politécnica Salesiana, campus Cayambe. Para la calificación de los impactos ambientales se utilizó la matriz de Leopold, donde el mayor impacto ambiental se refleja en el recurso suelo con un valor negativo de -62. Por medio de, la aplicación de la encuesta como técnica descriptiva, de la observación *in situ* y de medios bibliográficos, se obtuvo información general de la población en estudio, conjuntamente con datos socioeconómicos y ambientales. Con la información recolectada se obtuvo que la granja cuenta con una población total de 15 cerdos, entre lechones, cerdos jóvenes y adultos. Con una generación total de  $112.38 \frac{kg}{día}$  de estiércol de buena calidad y cantidad para ser utilizado como sustrato de alimentación para biodigestores. Los biodigestores más viables de acuerdo con la

relación calidad precio que se ajusta a la realidad socioeconómica de la granja y que fueron identificados en el presente estudio son de cúpula flotante y biodigestor tubular.

**Palabras claves:** estiércol, biogás, biodigestor, impacto ambiental, producción porcina.

## ABSTRACT

Riobamba city, belonging to the province of Chimborazo, is considered one of the places where its population is dedicated to raising a large number of pigs. Pig production contributes to a higher production and economy in the livestock area, so there is a need to increase the breeding areas, inputs, and consumption of water resources, this implies the growth of the generation of solid waste such as manure and shavings. Environmentally friendly techniques or an adequate infrastructure for the productive purpose is a challenge for the farm. Based on the above, the objective of this work is to evaluate the technical, economic-social and environmental feasibility of two biodigester prototypes for the agricultural area of the farm "El Limonar" located in Cubijes parish, Riobamba city, in order to implement a Biodigester pilot program in the future. Indeed, for the diagnosis of the environmental situation of the farm, the critical points in the pig raising process were identified. In addition, we characterize the soil, water, air and organic material resources, through analysis carried out in the accredited soil and water laboratory of the Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe campus. For the qualification of environmental impacts, the modified Leopold matrix was used, where the greatest environmental impact is reflected in the soil resource with a negative value of -62. Through the application of the survey as a descriptive technique, in situ observation and bibliographic means, general information was obtained from the study population, together with socioeconomic and environmental data. With the collected information, we obtained that the farm has a total population of 15 pigs, between young and adult pigs. With a total generation of 112.38 of manure of good quality and quantity, to be used as a feed substrate for biodigesters. The most viable biodigesters according to the price-quality ratio which adjust to the socioeconomic reality of the farm and that were identified in the present study are the floating dome and tubular biodigesters.

**Keywords:** manure, biogas, biodigester, environmental impact, pig production

## 1 INTRODUCCIÓN

Estudios realizados en el sector ganadero con respecto al impacto ambiental, determinan que su aporte a la contaminación de suelo, agua y aire tiene un índice elevado con respecto a las actividades agrícolas. Debido al tipo y concentración de residuos (heces, orina y purín) que se genera, contribuyendo notablemente al cambio climático, que es un problema mundial y real, por las elevadas emisiones de gases de efecto invernadero (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2011).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (2006) “La ganadería genera más gases de efecto invernadero que el sector de transporte” (p. 1).

El Instituto Nacional de Estadística y Censos, por medio de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales y la Unidad de Estadísticas Agropecuarias, da a conocer que existe a nivel nacional 1 115 473 cabezas de ganado porcino, información obtenida gracias a la aplicación de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (INEC, 2017).

La producción porcina ecuatoriana según el INEC (2008) comprende a pequeñas explotaciones familiares, son explotaciones de subsistencia que realizan su trabajo en áreas rurales cercanas a núcleos urbanos.

Actualmente el país cuenta con un gran número de granjas que no poseen instalaciones adecuadas para el manejo y tratamiento de sus desechos. Cabe destacar que una administración no adecuada de estos desechos es un problema que tiene consecuencias muy importantes en la preservación y cuidado del medio ambiente (Cueva et al., 2018).

Ecuador cuenta con un gran potencial para aprovechar grandes cantidades de biomasa como fuente de energía por ser considerado un país agrícola y ganadero. De hecho, se han creado emprendimientos con excelentes resultados en la generación de biogás, como es el caso del

proyecto del aprovechamiento de estiércol a energía, donde Apolo (2019) plantea los beneficios ambientales y económicos del uso de la digestión anaeróbica para el tratamiento de estiércol animal en el país.

De acuerdo a lo anterior, el presente trabajo tiene como finalidad realizar una evaluación técnica, socioeconómica y ambiental de dos prototipos de biodigestores que utilicen como materia prima estiércol porcino. Con este propósito se visitó la zona agrícola de la granja “El limonar” que se encuentra ubicada en la parroquia de Cubijies, cantón Riobamba, donde se levantó la información necesaria por medio de encuestas, muestreos y trabajo de campo.

La problemática ambiental surge del desconocimiento por parte de la propietaria de la granja con respecto al manejo de desechos sólidos, la escasez de los servicios básicos en la zona de estudio, desinterés de las autoridades sobre la disposición y tratamiento adecuado de los desechos, y de la necesidad de plantear soluciones con tecnologías ambientalmente limpias como energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto, como es el diseño de biodigestores que sean adecuados y de fácil instalación, además de ser económicamente viable, para que a través del proceso de biodegradación contribuyan con la reducción de la contaminación y a su vez aprovechar los recursos que se generan, como el biogás o bioabonos.

La realidad económica y ambiental que enfrenta nuestro país en la actualidad, nos impulsa a buscar soluciones reales e innovadoras que favorezcan a la producción con bajo nivel de inversión, haciendo hincapié en la protección del ambiente.

Cueva et al. (2018) menciona que este tipo de conceptos ya se están utilizando en países de la Unión Europea en una búsqueda constante de mantener un sistema amigable con los ecosistemas del planeta, con mínima emisión de residuos y sin riesgos de contaminación.



## **1.1 Pregunta de Investigación**

¿Cuáles son las variables más importantes a analizar, para una propuesta de dos modelos de biodigestores alimentados por estiércol porcino para la obtención de gas metano en la granja “El Limonar”?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Establecer la viabilidad técnica, económico-social y ambiental de dos prototipos de biodigestores para la zona agrícola de la granja "El Limonar" ubicada en la parroquia de Cubijes, cantón Riobamba, a fin que permita implantar en un futuro un programa piloto de Biodigestores.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Establecer la línea base ambiental mediante la caracterización del medio biótico, abiótico y socioeconómico en la zona agrícola de la granja "El Limonar".
- Caracterizar y cuantificar el estiércol proveniente de porcinos de la zona agrícola de la granja "El Limonar" para estimar la potencialidad de producción y uso de biogás como recurso energético *in situ*.
- Identificar y diseñar dos prototipos teóricos de biodigestores para el tratamiento de estiércol porcino, contemplando los aspectos socioeconómicos y ambientales, teniendo como base la tipología de biodigestores implementados en el Ecuador y en Sudamérica.

## **1.3 Hipótesis**

El diseño e implementación de biodigestores, contribuirá a la solución de los problemas ambientales y socioeconómicos de la granja “El Limonar” del cantón Riobamba.

## **2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

## **2.1 Población Porcina en el Ecuador**

La República del Ecuador es un país mega diverso, posee cuatro regiones naturales que son: la región litoral con 70 647 km<sup>2</sup>; la región andina con 59 810 km<sup>2</sup>; la región oriental con 120 000 km<sup>2</sup> y la región insular con 8 010 km<sup>2</sup> (This Is Ecuador, 2021). La producción agropecuaria actual se localiza en las dos primeras regiones.

En el Censo Nacional Agropecuario del año 2000, la población total de cerdos era de 1 527 114 cabezas repartidas en 4440 475 fincas, esto quiere decir un promedio de 4 cerdos por finca, según esta información la población de porcinos es numéricamente la segunda en importancia, después de la producción de ganado vacuno (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2000).

De acuerdo al último censo nacional INEC (2017) para esta especie se mostró que la población era de 1,115.473 cerdos.

Conforme a los datos tomados del ASPE (2017, como se citó en Maíz & Soya, 2018), con base en información oficial del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), existían alrededor de dos millones de cerdos en el país, distribuidos en las siguientes categorías: 817 676 cerdas de levante; 106 114 cerdas madres; 1 019 570 cerdos de levante y 26 562 verracos.

En el año 2010 se llevó a cabo el primer censo porcino georreferenciado con ayuda del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), la Agencia Ecuatoriana para el Aseguramiento de la Calidad (AGROCALIDAD) y la Asociación de Porcicultores del Ecuador (ASPE), donde los resultados del censo señalan que el país cuenta con 1 737 granjas porcinas, ubicando el mayor porcentaje en las regiones Sierra y Costa, que cuentan con el 79% de granjas registradas y el 95% de la población porcina (Asociación de Porcicultores del Ecuador, 2012).

Actualmente, el mayor número de cabezas de ganado porcino se encuentra en la región Sierra, con 634 367 cabezas; dentro de las provincias destacadas en esta región se presentan Pichincha (145 671), Santo Domingo (107 018), Cotopaxi (83 343) y Chimborazo (58 609) (INEC, 2017, como se citó en Abarca, 2018).

### **2.1.1 Sistema de Producción**

Espinoza (2012) menciona que El Ecuador mantiene en la actualidad un sistema de producción porcícola que se encuentra dividido en tres sistemas: a nivel casero y chiquero o sistema extensivo; a nivel semi industrial o semi- intensivo o mixto y, por último, un nivel industrial o intensivo.

**2.1.1.1 Sistema Extensivo.** Se refiere a una explotación porcina con construcciones rudimentarias, con una limitada inversión de capital donde no se recibe asistencia técnica para la producción. El sistema es utilizado en su mayoría por pequeños productores que aprovechan como fuente alimenticia desperdicios, con respecto al manejo de la explotación es bastante precaria (Samaniego, 2014).

**2.1.1.2 Sistema Intensivo.** Las técnicas de explotación son más avanzadas con una infraestructura destinada al fin productivo, las prácticas son adecuadas con una inversión de capital alto (Abalco, 2013).

**2.1.1.3 Sistema Semi Intensivo.** El productor adopta ciertas prácticas de tecnificación donde existen construcciones de infraestructura y con un costo bajo, acompañado con asistencia ocasional donde la alimentación de los animales es mixta. El sistema es una combinación de las características a nivel intensivo y extensivo que proporciona una producción racional y económica (Campabadal, 2010).

## **2.2 Población Porcina en el Cantón Riobamba**

En el plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Riobamba se menciona datos de la producción pecuaria de acuerdo al uso del suelo, el cantón cuenta con un total de 98156,9 Ha donde el 15% corresponde a las actividades pecuarias (Gobierno Municipal del Cantón Riobamba, 2020).

El III censo agropecuario del año 2011 arrojó resultados referentes al número de especies ganaderas que existe en el cantón, donde el ganado porcino ocupa el tercer lugar con un 7% que representa 37 771 cabezas de ganado, la comercialización de esta especie se da en plazas o mercados lo que no garantiza que exista una producción adecuada y de calidad. A pesar de ello esta actividad es de suma importancia, ya que es una fuente económica para varias familias del cantón (MAGAP, 2011, como se citó en Gobierno Municipal del Cantón Riobamba, 2020).

Según la información levantada por parte del Municipio de Riobamba se menciona que el ganado porcino es la especie de mayor número para el faenamiento con alrededor de 30 245 especies (Gobierno Municipal del Cantón Riobamba, 2020).

## **2.3 Descripción de la Parroquia Rural de Cubijies**

### **Ubicación:**

Cubijies se encuentra ubicada al noroeste de la ciudad de Riobamba. Sus límites son: al norte: Parroquia San Gerardo del Cantón Guano; al sur: Cantón Riobamba; al este: Parroquia Quimiag; al oeste: Parroquia Urbana San Vicente de Lacas (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Cubijies, 2019).

### **Clima:**

La parroquia de Cubijies cuenta con una precipitación de 500 a 1000 mm de agua lluvia con una temperatura de 12 a 18 °C (PDYOT, 2019).

#### **Asentamientos que forman el territorio parroquial:**

Cubijies cuenta con cuatro comunidades: la cabecera parroquial, la comunidad del Socorro, San Clemente y San Jerónimo de Porlón. Cada comunidad posee barrios, la cabecera parroquial con cuatro, ocho barrios en el Socorro, San Clemente cuenta con seis y un barrio en la comunidad de San Jerónimo (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Cubijies, 2019).

### **2.4 Línea Base Ambiental**

Se conoce como línea base ambiental a la descripción de la situación actual del área de estudio donde se detalla los componentes abiótico, biótico, socioeconómico y cultural. El objetivo principal es describir los componentes ya mencionados para poder identificar daños e impactos ambientales en el área de estudio (NRGI Broker, 2016).

Para una adecuada descripción de línea base se debe empezar con la recolección de información tanto primaria como secundaria, seguido de su respectivo análisis. El levantamiento de información debe ser por medio de trabajo de campo que valide la literatura bibliográfica, acompañado de muestreos analizados en laboratorios acreditados que garanticen excelentes resultados (NRGI Broker, 2016).

#### **2.4.1 Componente Abiótico**

Se conoce como factores abióticos a los elementos que intervienen en la caracterización del ecosistema en estudio como: la edafología, hidrografía y climatología (Raffino, 2020).

**2.4.1.1 Edafología.** Se encarga del estudio de la morfología, composición, propiedades, formación y evolución, taxonomía, utilidad, recuperación y conservación del suelo (Pereira et al., 2011).

**2.4.1.2 Hidrografía.** Se dedica al estudio y descripción de los cuerpos de agua del planeta, es identificada como una rama de la geografía (Raffino, 2021).

**2.4.1.3 Climatología.** Se encarga del estudio del clima y de sus variaciones a lo largo del tiempo (AstroMía, s.f.).

## **2.4.2 Componente Biótico**

**2.4.2.1 Flora.** Se refiere a todas las especies vegetales de una determinada región o área de estudio (Pérez y Merino, 2009).

**2.4.2.2 Fauna.** Corresponde a especies de animales que habitan en una región geográfica o en un ecosistema determinado (Juste, 2020).

## **2.4.3 Medio Socioeconómico**

El análisis socioeconómico es fundamental para describir la calidad de vida de una población, donde se describa la situación económica, nivel de educación, vivienda y servicios básicos, para analizar las condiciones en las que se encuentra la población de la parroquia en estudio (Güilcapi y Sangovalín, 2019).

## **2.4.4 Encuestas**

La encuesta es conocida como una técnica de investigación que utiliza procedimientos estandarizados que permite recolectar y analizar datos de una población con el fin de describir características del área a investigar (Casas et al., 2003).

## **2.5 Excretas Porcinas**

Gutiérrez (2005, cómo se citó en Ninabanda, 2012) menciona que las excretas de cerdo o estiércol porcino están formadas por material fecal y alimento rechazado, mezclado con orina y material piloso. Existe dos formas de considerar la generación de excretas: como un simple desecho de animal o como material útil para reciclaje.

### **2.5.1 Composición de las Excretas Porcinas**

Existen factores que influyen en la composición de excretas como son: el alimento (cantidad, composición, calidad y estado del alimento); el animal (estado de salud, hábitos de alimento, edad, actividad productiva y etapa fisiológica) y manejo e instalaciones (condiciones en las que se está generando el estiércol y duración de almacenamiento) (Ninabanda, 2012).

### **2.5.2 Volumen Generado de Excretas**

Se debe considerar el cálculo del volumen de excretas generadas por medio de varios factores como son: edad, madurez fisiológica, calidad y cantidad de alimento ingerido, cantidad de agua consumida y clima (Ledesma, 2020).

Ledesma (2020) menciona que las excretas poseen un 88% de contenido húmedo y 12% de materia seca. Aproximadamente un 90% de los sólidos se excretan en las heces y el 10% de sólidos totales están presentes en la orina. Es importante conocer que las excretas porcinas contienen sólidos que flotan, que se sedimentan y sólidos en suspensión.

En un estudio realizado por Mariscal (2007) se puede observar estimaciones de producción diaria de excretas según la fisiología o tipo de cerdo. Se detalla en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Producción diaria de excretas según la fisiología*

<b>Etapas</b>	<b>Estiércol kg/día</b>	<b>Estiércol. + orina kg/día</b>	<b>Volumen l/día</b>
Hembra	3.6	11	16
H. lactación	6.4	18	27
Semental	3	6	9
Lechón	0.35	0.95	1.4

*Nota.* Se muestra la producción diaria de excretas según el tipo de cerdo. Fuente (Mariscal, 2007, p.10).

### **2.5.3 Impactos Ambientales**

Según Canet et al. (2006) se conoce como impacto ambiental a las variaciones que existen en un medio, por la acción humana o por la naturaleza. Para poder identificar cuál es la magnitud del impacto ambiental en una granja dedicada a la crianza de cerdos va a depender de la cantidad de desechos que se genere, es decir que mientras más desechos existan el impacto será significativo.

Existen dos tipos de impactos ambientales: positivos y negativos. Según Vera y Caicedo (2015) se describen de la siguiente forma:

**Impacto ambiental positivo:** es aquel que involucra la disminución de costes, así como el aumento de beneficios al ambiente.

**Impacto ambiental negativo:** el impacto ambiental negativo es la disminución adversa del valor natural, paisajístico, estético, cultural, de productividad ecológica, erosión y todos los riesgos ambientales que discuerden con la estructura ecológica.

Existen grandes impactos ambientales en la producción porcina que afectan al ambiente, debido a la degradación de los recursos de agua, suelo y aire provocado por los residuos que se generan día a día. Canet et al. (2006) los describe de la siguiente forma:

- **Atmósfera:** se ve afectada por las fuertes emisiones de olores provenientes de la actividad ganadera y a su vez por la liberación de gases con efecto invernadero que provocan la destruyendo la capa de ozono.



- **Suelo:** la degradación se da por la presencia de componentes orgánicos e inorgánicos provenientes de las excretas, degradación por salinización, por presencia microbiana, entre otros.
- **Agua:** la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos hace que exista contaminación de aguas tanto subterráneas y superficiales, también se puede ocasionar por lixiviados, escorrentías, por contaminación biológica, eutrofización de ecosistemas acuáticos, entre otros.
- **Alimentos:** la presencia de gérmenes procedentes de las excretas en los cultivos genera contaminación microbiológica en productos destinados a la venta y consumo humano o animal, llegando a causar enfermedades graves (p.25).

**2.5.3.1 Impactos Ambientales sobre la Atmósfera.** La contaminación provocada por una granja afecta directamente al microambiente y al ambiente en sí, al mencionar microambiente nos referimos al ambiente de la granja que al estar expuesta a gases producidos como: amoníaco, sulfuro de hidrógeno, metano y dióxido de carbono, genera riesgos en la salud de los trabajadores y de los cerdos (Smith et al., 2013).

#### **Emanación de olores:**

La liberación de olores a la atmósfera se da por la presencia de amoníaco con concentraciones de 15 y 25 ppm. Cuando las excretas empiezan a descomponerse en ausencia de oxígeno se liberan varios compuestos como: escatoles, sulfuro de hidrógeno, aminas, mercaptanos y otros gases sulfurosos (Canet et al., 2006).

#### **Emanación de gases acidificantes:**

Canet et al. (2006) menciona que los principales gases que provocan la acidificación del suelo y agua son el dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. El amoníaco generalmente proviene

de la actividad ganadera y su vida media en la atmósfera va entre 3 y 6 días, siendo identificado como un contaminante a escala regional.

### **Gases de efecto invernadero:**

Estos gases tienen una gran participación en el calentamiento global debido a la capacidad de retención de calor en la atmósfera. Con respecto al metano y al óxido nitroso son los gases más importantes en la actividad ganadera, poseen un potencial de retención calórica de 25 ( $CH_4$ ) y 298 ( $N_2O$ ) (Cabello et al., 2007).

Por último, es conveniente acotar que la producción de metano se da como consecuencia de la fermentación ruminal y estérica durante el almacenamiento de purines y estiércol, para que dicha acción se genere va a depender de las condiciones anaeróbicas, tiempo de retención de la materia orgánica y la temperatura. En cuanto al óxido nitroso se origina en la actividad ganadera como consecuencia de la transformación de nitrógeno en dos procesos: nitrificación y desnitrificación (Cabello et al., 2007).

### **Emisión de sustancias biológicas:**

La emisión de sustancias biológicas se debe a la formación de bioaerosoles que se encuentran cuando las excretas están expuestas a la acción del viento, que permite que los gérmenes o partículas menores a 5 ( $\mu m$ ) de diámetros se movilicen a distancias mayores provocando enfermedades que afectan a los humanos y al ganado (Canet et al., 2006).

**Tabla 2**

*Principales agentes nocivos de los bioaerosoles*

Hongos	Bacterias	Virus
	Bacterias Gram negativas (E. Coli, Salmonella)	Virus entéricos (Rotavirus y otros)

*Nota.* Clasificación de patógenos presentes en las excretas. Tomado de (Canet et al., 2006, p.32).

### **2.5.3.2 Impactos Ambientales sobre el Suelo.**

**Contaminación por metales pesados:** las excretas pueden contener pequeñas o grandes cantidades de metales pesados, en especial grandes cantidades de cobre y zinc que son absorbidos por el suelo (Canet et al., 2006).

**Salinización:** los suelos o terrenos agrícolas donde se almacenan las excretas pueden verse afectados seriamente en su productividad y estructura, debido a que los purines de porcinos contienen gran carga de sales solubles aparte de cloruro de sodio (Canet et al., 2006).

**Patógenos:** las excretas de los porcinos contienen carga microbiológica que al contacto con el suelo son aplicadas al mismo, resultando perjudicial para la fauna por medio de productos cultivados (Canet et al., 2006).

### **2.5.4 Matriz de Leopold**

Se identifica como Matriz de Leopold al método utilizado para la evaluación de impactos ambientales, en otras palabras, es una matriz interactiva donde se plantea las acciones o actividades del proyecto y a su vez permite conocer los componentes ambientales afectados por diversas actividades, además de describir la magnitud e importancia (Peralta y Barrios, 2012).

## **2.6 Alternativa de Tratamiento**

La tecnología presentada en la siguiente investigación se basa en el proceso de digestión anaerobia, para disminuir la carga contaminante del estiércol porcino.

### **2.6.1 Biodigestor**

Cuando se habla de biodigestores se hace referencia a una cámara hermética que se utiliza para generar biogás, a partir de materia orgánica, esto ocurre en condiciones anaeróbicas, como resultado final se obtiene combustible amigable con el ambiente que puede llegar a reemplazar al gas licuado de petróleo para diferentes usos como: calefacción, cocción e inclusive motores (Fuentes, 2013).

### **2.6.2 Historia del Biodigestor**

En 1890 se diseña y construye el primer biodigestor a escala real en el país de la India y en años posteriores en Inglaterra (Arce, 2011).

### **2.6.3 Biogás**

**2.6.3.1 Definición.** Fraume (2007) menciona que el biogás es un gas derivado del proceso de la fermentación anaerobia de la biomasa generada por el tratamiento del estiércol animal por medio de la acción bacteriana, hace énfasis en que se puede producir de casi todos los residuos orgánicos siendo los lugares de producción las plantas de depuración, vertederos y en especial las granjas agrícolas, es conocido como un combustible renovable y económicamente accesible para usos industriales y domésticos.

**2.6.3.2 Primeras Producciones de Biogás en Ecuador.** En Ecuador se empezó a utilizar el biogás en 1974, con el apoyo de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y el Cuerpo de Paz de los Estados Unidos. En 1979 se fundó el Instituto Nacional de Energía, un año después incursionó en un programa de capacitación y expansión en tecnología de biodigestores, donde la fase inicial contó con la construcción de 13 biodigestores de tipo hindú (Marchaim, 1992).

Ludeña y Vázquez (2017) hablan en su investigación sobre el programa de biodigestores que se encuentra aliado con la Escuela Superior Politécnica del Litoral donde las primeras

investigaciones se realizaron en las provincias de Guayas, Manabí y Chimborazo, investigadores de ESPOL diseñaron, construyeron y llevaron a cabo el seguimiento adecuado del biodigestor ubicado en la provincia de Chimborazo.

#### **2.6.4 Conceptos en el Diseño de un Biodigestor**

Para el diseño de un biodigestor hay que tomar en cuenta parámetros que influyen demasiado en la efectividad del proceso, tales como la temperatura del ambiente donde se va a instalar. La temperatura ayuda a la actividad bacteriana que digiere el estiércol, entonces a mayor temperatura mayor será la actividad de descomposición, siendo este parámetro el que marca el tiempo de retención; Mientras que la carga diaria de estiércol va a determinar cuál es la cantidad que se va a general de biogás al día, siendo la carga diaria y el tiempo de retención el que determine el volumen del biodigestor (Martí, 2008).

#### **2.6.5 Digestión Anaerobia**

La digestión anaerobia se hace en ausencia de aire, con el propósito de generar biogás por medio del almacenamiento de estiércol fresco el cual contiene bacterias que ayudan a que continúe digiriéndolo y generando metano, dióxido de carbono y otros gases (Martí, 2008).

##### **2.6.5.1 Etapas del Proceso de Digestión Anaerobia.**

- **Hidrólisis:** Aquí sucede la descomposición de las cadenas largas de la materia orgánica dando como resultado otras más cortas, la materia orgánica llega a descomponerse por la acción de bacterias llamadas hidrolíticas que tienen como función hidrolizar las moléculas solubles en agua, tales como grasas, proteínas y carbohidratos transformándolos en polímero simples, mientras tanto los compuestos orgánicos son solubilizados por enzimas excretadas por las mismas bacterias que actúan en el exterior celular considerándolas exoenzimas. Por lo tanto,

la hidrólisis es considerada como la conversión de polímeros en sus respectivos monómeros (Biogas experts, 2017).

- **Acidogénesis:** Se transforma los productos intermedios en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono. Para esta fase las bacterias responsables son las hidrolíticas acetogénicas y las acetogénicas que son las que hidrolizan y fermentan las cadenas de materia orgánica transformándolas en ácidos orgánicos más simples, estas bacterias son anaerobias facultativas es decir que no crecen en presencia de oxígeno molecular, ya que es tóxico. En esta etapa se puede evidenciar que el crecimiento bacteriano es mucho más rápido (Biogas experts, 2017).
- **Acetogénesis:** Se van desarrollando las bacterias acetogénicas que tienen como función degradar los ácidos orgánicos, compuestos aromáticos y ácidos grasos que generan ácido acético y liberan productos de hidrógeno y dióxido de carbono que son conocidos como elementos precursores de las bacterias metanogénicas (Biogas experts, 2017).
- **Metanogénesis:** Es la última etapa de la descomposición de la materia en condiciones anaeróbicas, donde los aceptores de electrones hierro, oxígeno, manganeso, sulfato y nitrato se reducen, mientras que el hidrógeno y dióxido de carbono se va acumulando. En esta etapa también se acumula los compuestos orgánicos ligeros esto debido a la fermentación. En esta fase es donde se genera el 90% del total del metano que se produce en el biodigestor (Biogas experts, 2017).

**2.6.5.2 Factores que Intervienen en la Digestión Anaerobia.** Para que la digestión anaerobia dentro del biodigestor sea correcta, es indispensable que se tenga en cuenta los parámetros que se detallan a continuación:

**2.6.5.2.1 Tipo de sustrato.** El sustrato puede ser desechos orgánicos como por ejemplo árboles, plantas y desechos de animales, así como excretas de origen humano; desechos agroindustriales como: maíz, café, arroz, caña, entre otros y también se puede incluir los desechos urbanos como aguas residuales (Rivas et al., 2010).

Rivas et al. (2010) también menciona en su artículo científico que uno de los mejores sustratos para utilizar en el biodigestor son los residuos provenientes de la industria alimenticia y en especial de las actividades del sector agrícola, ya que al no contener contaminantes patógenos ni mucho menos metales pesados ayudan en un nivel alto en la digestión anaerobia.

Guevara (1996) recomienda que no se debe utilizar un solo tipo de sustrato, ya que lo ideal sería poder combinar materiales altos en nitrógeno y carbono con el fin de obtener un balance adecuado de nutrientes que ayuden al crecimiento de los microorganismos encargados de la degradación de la materia orgánica dentro del biodigestor y así aumentar la productividad de la tecnología mencionada.

**2.6.5.2.2 Velocidad de Carga y Tiempo de Retención.** Con estos dos términos se puede determinar cuál será el volumen del sustrato que se va a cargar diariamente en el biodigestor, de igual forma permite determinar el tipo de sustrato, siendo los principales parámetros del diseño.

La velocidad de degradación va a depender de la temperatura, ya que a mayor temperatura menor tiempo de retención. Cuando se habla de velocidad de carga orgánica se refiere a la cantidad introducida diariamente de materia orgánica en el biodigestor por unidad de volumen, llegando a ser dependiente del tiempo de retención fijado y de la concentración de sustrato, entonces a mayor carga orgánica mayor producción de biogás (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2011).

**2.6.5.2.3 Temperatura.** En el manual de biogás elaborado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011) se menciona que los sistemas biológicos dependen de la temperatura, ya que cuando la temperatura aumenta también aumenta la velocidad de crecimiento de los microorganismos acelerando todo el proceso de digestión anaeróbica, logrando generar grandes cantidades de biogás. Cuando existen variaciones muy bruscas de temperatura dentro del digestor puede llegar a desestabilizarse del proceso, por ese motivo hay que garantizar una temperatura homogénea por medio de un sistema de agitación y un control de temperatura.

Los microorganismos anaeróbicos pueden trabajar en tres rangos diferentes de temperatura como se detalla a continuación: psicrófilos por debajo de 25 °C, mesófilos entre 25 y 45 °C y termófilos entre 45 y 65 °C (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2011).

**2.6.5.2.4 pH.** Parámetro importante para determinar la inhibición o la toxicidad de las bacterias, de igual forma para determinar el crecimiento óptimo de cada microorganismo presente en cada fase, siendo el rango de pH para la etapa de hidrólisis y acidogénico máximo de 8 y mínimo 4, mientras que en la fase metanogénica el pH no debe ser menor a 6,6 unidades de pH, ya que debe mantenerse en neutralidad para no verse afectado el proceso (García y Gómez, 2016).

**2.6.5.2.5 Humedad.** Los procesos biológicos dependen de una biomasa húmeda con un porcentaje mayor al 60% de humedad, es por eso que los residuos a tratar deben contener un alto nivel de humedad para que así se pueda dar inicio al proceso, asegurando un ambiente adecuado para los microorganismos en las diferentes etapas de digestión (Bernal y Suárez, 2018).

**2.6.5.2.6 Relación C/N.** El sustrato que alimenta el biodigestor está formado por macronutrientes como nitrógeno y carbono que son la principal fuente de alimentación para las



bacterias metanogénicas. El carbono es el que provee de energía mientras que el nitrógeno ayuda a la formación de nuevas células, la relación C/N más adecuada en la materia prima está en el rango de 30:1 hasta 20:1. Para poder obtener una relación óptima se puede mezclar materia orgánica en cantidades adecuadas (Bernal y Suárez, 2018).

**2.6.5.2.7 Inhibición y Toxicidad.** La concentración de ácidos grasos volátiles es uno de los factores que pueden alterar el proceso de digestión anaerobia. Las bacterias metanogénicas son las más intolerantes a los cambios en el medio, siendo estas bacterias las que más sufren cambios por inhibición debido a la toxicidad de los factores. Hay que tomar en cuenta que las acumulaciones de los AGV pueden notarse por cambios muy drásticos de los parámetros de pH o temperatura, afectando las últimas fases, provocando que se rompa la relación que existe entre cada una, si se da este rompimiento se puede acumular los compuestos de acetato e hidrógeno logrando desestabilizar el proceso del biodigestor, generando la disminución de la producción de biogás (Bernal y Suárez, 2018).

## **2.6.6 Tipo de Biodigestores**

A continuación, se detalla los tipos de biodigestores más utilizados y aprobados a nivel mundial.

**2.6.6.1 Digestor de Cúpula Fija o Diseño Chino.** Este reactor es construido por una sola estructura de materiales rígidos como ladrillos, hormigón y piedras, debido a las altas temperaturas a las que se encuentra expuesto (Fundación Hábitat, 2005).

Es uno de los más utilizados y difundidos a nivel mundial, que al no poseer un gasómetro hace que el gas se vaya acumulando al interior del biodigestor, aumentando la presión y haciendo que el bio fertilizante salga por un extremo (Peralta, 2017).

**2.6.6.2 Biodigestor de Estructura Flexible o de Bolsa.** Son conocidos por su bajo costo, facilidad de construcción, instalación, manejo y de mínimo mantenimiento en comparación al biodigestor de estructura fija que era un limitante para los bajos ingresos de los pequeños ganaderos (Fundación Hábitat, 2005).

Es un contenedor de plástico aislante también conocido como bolsa flexible, el gas se almacena en la parte superior de la bolsa y el sustrato se coloca en la parte inferior logrando que la cañería de alimentación y la salida estén unidas al plástico. El material de construcción en este caso debe ser muy resistente a la radiación UV y al clima, los materiales más utilizados son caucho sintético, barro rojo PVC, trevira y el más usado en América Latina el polietileno. La vida útil del biodigestor no excede de dos a cinco años, la aplicación de este tipo de tecnología es una alternativa transitoria para dar soluciones rápidas a problemas de manejo de materia prima (Hernández, 2013).

**2.6.6.3 Biodigestor Flotante o Biodigestor Indio.** Tiene forma de tambor con materiales de acero y fibra de vidrio reforzado en plástico que ayudan a evitar la corrosión, posee una cúpula de gas que flota sobre el sustrato a dirigir, además de contar con un gasómetro. El material de la cúpula debe ser resistente a la corrosión y a los rayos UV. El biodigestor de diseño indio es utilizado para la digestión de excremento de animales como de humanos, con un tipo de alimentación de sustrato continuo de pequeños y medianos predios (Hernández, 2013).

### **2.6.7 Ventajas del Biodigestor**

En la investigación realizada por la revista Universo Porcino (2005) se detalla las siguientes ventajas:

- El estiércol del cerdo no necesita pasar por un tratamiento antes de ingresarlo al biodigestor.

- Genera biocombustible que ayuda a suplir necesidades energéticas en comunidades o pueblos rurales.
- Transforma las excretas de origen animal en residuos útiles, logrando reducir los niveles de contaminación ambiental, al proteger el suelo, las fuentes de agua, el aire y la naturaleza.
- Elabora bioabono con calidad nutricional para ser utilizado en plantas.
- Disminuye el uso de fertilizantes químicos en cultivos.
- Elimina malos olores generados por la acumulación del desecho porcino.
- Reduce los niveles de deforestación al disminuir el uso de leña destinada a servicios energéticos.
- Llega a sustituir la energía no renovable y fertilizantes sintéticos por energía renovable y fertilizantes orgánicos.
- El valor de inversión en la construcción del biodigestor se puede recuperar a largo plazo evidenciado en el ahorro del pago de fuentes de energía y en la compra de abonos.

## **2.6.8 Tecnologías para el Aprovechamiento de Biogás**

**2.6.8.1 Cocinillas.** Las cocinillas que funcionan a biogás son de uno a dos quemadores con un rendimiento del 50 y 60%, cumplen con los siguientes requisitos: operación simple, fácil de limpiar, costos bajos, alta eficiencia y llama constante. El consumo de biogás utilizado por persona y comida es de aproximadamente 150 a 300 litros de biogás (ODEPA, 2009).

**2.6.8.2 Lámparas.** Las lámparas que utilizan biogás son conocidas como lámparas incandescentes, en otras palabras, por medio del calor intenso se puede lograr la luminiscencia de metales especiales a temperaturas específicas que van entre los 1 000 a 2 000 °C, pose una

eficiencia de 30 a 50%, la mayoría de veces son utilizadas como fuente de calor y luz, así como para la incubación de huevos (ODEPA, 2009).

**2.7.8.3 Motores.** El uso de esta tecnología es factible económicamente en biodigestores que generan más de 10  $m^3$  por día. Los motores son aptos para vehículos como tractores y camionetas siendo el rendimiento de 25 a 30% con una corta a mediana vida útil (ODEPA, 2009).

**2.7.8.4 Calefactores.** Este tipo de tecnología es usada para la cría de ganado. Los calefactores son una cerámica calentada a temperaturas de 600 a 800 °C. Tienen una capacidad térmica entre 1,5 a 10 kW. Se considera que es un sistema de transmisión de calor que ha sido implementado exitosamente en varios proyectos (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, 2009).

## **2.7 Marco Legal**

El Ecuador un país comprometido con el cuidado y conservación del ambiente, impulsa la creación de políticas ambientales en su legislación para el control y manejo adecuado de todos sus ecosistemas.

Las instituciones estatales ajustándose a las políticas y lineamientos de la constitución, tienen como deber primordial la aplicación del desarrollo sustentable con el objetivo de proteger el patrimonio natural y cultural del país.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utiliza el siguiente marco legal enfocado en la actividad pecuaria:

**Constitución de la República del Ecuador**, Registro oficial 449 del 20 de octubre de 2008, con énfasis en sus artículos 12, 13, 14, 15, 32, 281 y 283 (Gobierno del Ecuador, 2008).

**Código Orgánico del Ambiente (COA)**, Registro Oficial No. 983 del 12 de abril de 2017 (Ministerio del Ambiente, 2017).

**Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA)**, Registro oficial suplemento 507 de 12 de junio de 2019 (RCOA, 2019).

**Organización Mundial de Sanidad Animal**, se encarga de mejorar el bienestar y la sanidad animal (OIE, 2015).

**Ley Orgánica de la Salud**, se toman el Art.137 (Ley Orgánica de Salud, 2015).

**Resolución Ministerial Nro. 007**, del Ministerio de Agricultura y Ganadería, se hace énfasis en el Art.154 (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019).

**Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente**. Libro VI Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluente: Recurso Agua (TULSMA, 2015).

**Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua**, se hace referencia en el capítulo VI sección II que trata de los objetivos de prevención y control de la contaminación del agua (República del Ecuador Asamblea Nacional, 2014).

**Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria**

**Ley Orgánica de Eficiencia Energética** (Asamblea Nacional, 2019).



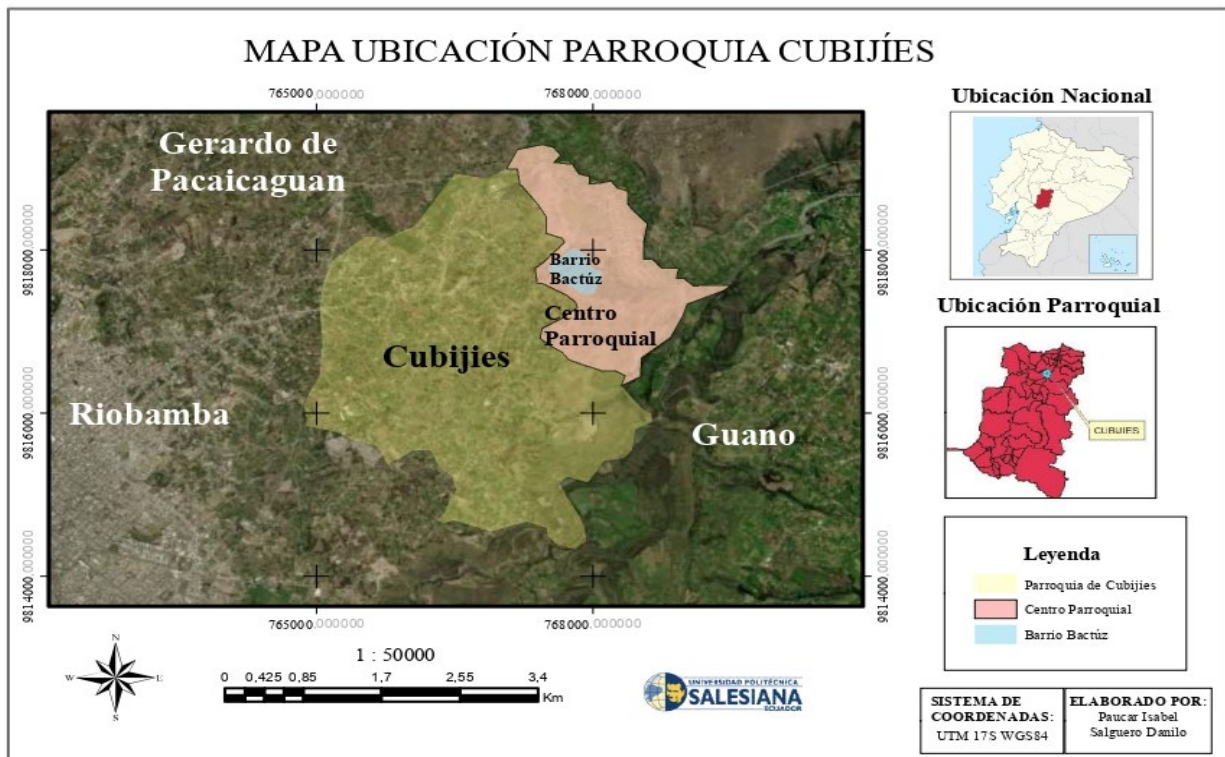
### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del Área de Estudio

El presente trabajo se desarrolló en la parroquia de Cubijies, en el barrio Bactúz perteneciente a la cabecera parroquial del cantón Riobamba, lugar donde se encuentra ubicada la granja “El Limonar”. Para la determinación geográfica del área de estudio se realizó la toma de las coordenadas geográficas con la ayuda de un GPS.

**Figura 1**

*Ubicación de la zona de estudio*



*Nota.* Delimitación de la parroquia y del barrio donde se encuentra la granja “El Limonar”.

Elaborado por Paucar y Salguero (2021).

### **3.2 Detalle del Área de Estudio**

Para el levantamiento de información se realizó una planificación previa a la visita al área de estudio, tomando en cuenta los horarios de actividad de la granja, disponibilidad de la propietaria y jornaleros.

Para conocer las actividades de producción de la granja, extensión, cultivos, cantidad, tipos de animales, recursos básicos y horarios, se realizó una entrevista no estructurada a la propietaria, posterior a ello se hizo un recorrido *in situ* por el área.

La información del ganado porcino se obtuvo por medio de entrevistas no estructuradas a los jornaleros, obteniendo varios datos como: el horario dedicado a la crianza, limpieza de corrales, número de cabezas, producción, tipo de alimentación, tratamiento de excretas y costos de venta.

### **3.3 Valoración de la Situación de la Granja**

La valoración se hizo mediante un recorrido por toda la granja utilizando la metodología de observación directa, registro fotográfico, anotaciones y toma de muestras.

#### ***3.3.1 Estado de los Corrales para la Crianza Porcina***

Se realizó la visita a los corrales donde se encuentran los cerdos para constatar el equipamiento, distribución y estado de los mismos, se registró las actividades por medio de fotografías y anotaciones. El registro fotográfico se encuentra en el anexo 1.

#### ***3.3.2 Identificación de Flora y Fauna***

Se realizó un recorrido por toda la granja, teniendo como base para la identificación el listado de especies de flora y fauna mencionadas en el plan de ordenamiento territorial de la parroquia de Cubijies (2019), se identificó las especies que se encuentran dentro de la granja. Las fichas de levantamiento de información se visualizan en el anexo 2.



### 3.3.3 Identificación del Clima

Se recopiló los datos de los últimos cinco años registrados en la estación meteorológica M1036, ubicada en la Universidad Politécnica de Riobamba, provincia de Chimborazo, institución de educación superior encargada de monitorear el clima de la zona de estudio. Con los datos obtenidos del anuario climatológico, se procedió a determinar la temperatura, humedad relativa, piso climático y precipitación del área de estudio.

### 3.3.4 Caracterización Edafológica

Para la caracterización se aplicó la metodología propuesta por la FAO (2009), para ensayos rápidos para determinar la textura del suelo, donde se tomó una muestra de suelo no intervenido de la granja.

Para la caracterización del mismo se aplicó la metodología para muestreo establecida en la norma técnica del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN-ISO 1038-2014 sobre la Calidad del suelo y Muestreo.

Las muestras se enviaron a analizar al laboratorio acreditado de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cayambe

Los parámetros y metodología se pueden visualizar en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Parámetros de análisis para suelo no intervenido de la granja*

Nº	Parámetros analizados	Metodología
1	Potencial de hidrógeno	SM 4500-H + A y 4500-H+8
2	Conductividad eléctrica	ELECTRÓNICO MYRON
3	Materia orgánica	WALKLEY-BACK
4	Nitratos	SM 4500-NO3: C
5	Fósforo	SM 4500-P: E

Nº	Parámetros analizados	Metodología
6	Potasio	SM 4500-P: E
7	Calcio	SM 3111- B
8	Magnesio	SM 3111- B
9	Sodio	SM 3111- B
10	Capacidad de intercambio catiónico	SM 3111- B (CÁLCULO)
11	Hierro	SM 3111- B
12	Cobre	SM 3111- B
13	Manganeso	SM 3111- B
14	Zinc	SM 3111- B
15	Arena	PIPETA ROBINSON
16	Limo	PIPETA ROBINSON
17	Arcilla	PIPETA ROBINSON

*Nota.* Análisis para suelo por el laboratorio acreditado de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cayambe (2021).

### **3.3.5 Estimación de Consumo y Calidad de Agua para la Actividad Porcina**

Para conocer el consumo de agua fue necesario identificar el tipo y volumen de los recipientes que se utiliza para la limpieza de los corrales, de igual forma la frecuencia con la que se realiza dicha actividad, información que se obtuvo por medio de observación y entrevistas no estructuradas a la propietaria de la granja.

Para los cálculos se aplicó la siguiente ecuación.

$$\text{Volumen de agua} = \# \text{de recipientes} \times \text{volumen del recipiente (Ecuación 1)}$$

Mientras que, para determinar la calidad del agua destinada a la actividad porcina, se tomó dos muestras y se envió para análisis al laboratorio acreditado de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cayambe. Se tomó como base para el muestreo la metodología recomendada por la Norma Técnica del Instituto Ecuatoriano de Normalización para el manejo de muestras en parámetros microbiológicos y fisicoquímico, INEN 2176:2013.

Los materiales utilizados para la toma de la muestra se encuentran detallados a continuación, de igual forma los parámetros y métodos se pueden observar en la tabla 4.

**Materiales:**

- 1 frasco de vidrio ámbar de 1L
- 1 frasco de polietileno de 1L
- Agua destilada
- Cooler
- Hielo en gel

**Tabla 4**

*Parámetros de análisis de muestra de agua de la granja*

Nº	Parámetros analizados	Metodología
1	Temperatura	ELECTRÓNICO HANNA
2	Potencial de hidrógeno	SM 4500-H+A y 4500-H+8
3	Conductividad eléctrica	ELECTRÓNICO MYRON
4	Turbidez	SM 2130- B
5	Cloro residual	SM 2320- HCO <sub>3</sub>
6	Fosfatos	SM 4500-P: E
7	Nitratos	SM 4500-NO <sub>3</sub> : C
8	Azufre	SM 4500-SO <sub>4</sub> : E

Nº	Parámetros analizados	Metodología
9	Relación absorción sodio	SM 3111-B(CÁLCULO)
10	Dureza total	SM 3111- B
11	Calcio	SM 3111- B
12	Magnesio	SM 3111- B
13	Sodio	SM 3111- B
14	Hierro	SM 3111- B
15	Cobre	SM 3111- B
16	Manganeso	SM 3111- B
17	Zinc	SM 3111- B
18	Boro	SM 4500- B: B
19	Coliformes totales	SM 9222: D
20	Coliformes fecales	SM 9222: D
21	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM 5210 B
22	Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D

*Nota.* Análisis de laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cayambe (2021).

### **3.3.6 Residuos Generados en la Granja por la Actividad de Crianza Porcina**

Por medio de la observación *in situ*, se logró caracterizar los residuos generados dentro de los corrales y por medio de la metodología utilizada en la granja se levantó información sobre la población y peso promedio de los cerdos.

Con respecto al pesaje de estiércol, se realizó según las etapas de crecimiento de los cerdos.

Para el cálculo de producción diaria de estiércol se utilizó la ecuación que plantea SEMARNAT y SAGARPA (2010).

**Cálculos de excretas:**

$$PEe = PAE * TDE \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

PEe = Producción diaria de estiércol [kg/día-animal]

PAE = Peso del cerdo [kg/animal]

TDE = Tasa diaria de excretas [%]

$$PDT = PE * PAT \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde:

PDT = Producción total de estiércol [kg/día]

PE = Producción de estiércol por etapa [kg/día-animal]

PAT = Número de cerdos por etapa

Después de obtener los valores, se realiza la sumatoria de producción de excretas generadas.

$$PTU = \Sigma PDT \text{ (Ecuación 4)}$$

Donde:

PTU = Producción diaria de estiércol (p.13).

### **3.4 Aplicación de Encuestas**

Se encuestó a 50 familias que pertenecen al barrio Bactúz de la parroquia de Cubijes, lugar donde se encuentra ubicada la granja. La encuesta se realizó a los jefes de hogar de cada familia como se observa en la figura 2, debido a la situación de Salud Pública que actualmente se encuentra a nivel mundial (COVID-19) no se realizó el cálculo correspondiente para determinar en una

población el número de encuestados. La plantilla para la encuesta de levantamiento de información general, socioeconómica y ambiental se encuentra colocada en el anexo 3.

## **Figura 2**

### *Aplicación de encuestas*



## **3.5 Muestreo y Análisis**

### ***3.5.1 Toma de Muestra y Análisis de Suelo Contaminado***

Para la toma de muestras se utilizó la metodología propuesta en la norma técnica del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN-ISO 1038-2014 sobre la Calidad del suelo y Muestreo.

El análisis de la muestra de suelo se realizó en el laboratorio acreditado de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cayambe. Se recogió 1 kg de suelo contaminado (requerido por el laboratorio), donde se vierte la orina, excremento y desperdicios de alimento de cerdos, como se puede observar en la figura 3.

A continuación, se detallan los materiales, así como los parámetros analizados y métodos de valoración colocados en la tabla 5.

**Figura 3**

*Toma de muestra de suelo*



**Materiales:**

- 2 recipientes herméticos
- Etiquetas
- Guantes
- Pala
- Cooler

**Tabla 5**

*Parámetros para análisis de suelo contaminado con excretas*

Nº	Parámetros analizados	Metodología
1	Potencial hidrógeno	SM 4500-H + A y 4500-H+8
2	Conductividad eléctrica	ELECTRÓNICO MYRON
3	Materia orgánica	WALKLEY-BACK
4	Nitratos	SM 4500-NO3: C
5	Fósforo	SM 4500-P: E
6	Potasio	SM 4500-P: E

Nº	Parámetros analizados	Metodología
7	Calcio	SM 3111- B
8	Magnesio	SM 3111- B
9	Sodio	SM 3111- B
10	Capacidad de intercambio catiónico	SM 3111- B (CÁLCULO)
11	Hierro	SM 3111- B
12	Cobre	SM 3111- B
13	Manganeso	SM 3111- B
14	Azufre	SM 4500 – SO <sub>4</sub> : E
15	Boro	SM 4500 – B: B
14	Zinc	SM 3111- B
15	Arena	PIPETA ROBINSON
16	Limo	PIPETA ROBINSON
17	Arcilla	PIPETA ROBINSON

*Nota.* Análisis de Laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cayambe (2021).

### **3.6 Identificación y Calificación de Impactos Ambientales de la Granja**

#### **3.6.1 Metodología para la Elaboración de la Matriz de Leopold**

Para la identificación y calificación de los impactos ambientales generados en la granja, se utilizó la matriz de causa y efecto (Leopold) con criterios de importancia y magnitud como se muestra en la tabla 6 y 7.

Se colocó en las columnas los diferentes componentes analizados como: factor abiótico, biótico y socioeconómico, al igual que en las filas se describieron las actividades relacionadas con



la crianza porcina. Por último, se determinó las interacciones entre filas y columnas, calificando cada una de estas (Peralta & Barrios, 2012).

**Tabla 6**

*Calificación para impactos ambientales negativos aplicados en la matriz de Leopold*

<b>Magnitud</b>			<b>Importancia</b>		
<b>Calificación</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Afectación</b>	<b>Calificación</b>	<b>Duración</b>	<b>Influencia</b>
-1	Baja	Baja	+1	Temporal	Puntual
-2	Baja	Media	+2	Media	Puntual
-3	Baja	Alta	+3	Permanente	Puntual
-4	Media	Baja	+4	Temporal	Local
-5	Media	Media	+5	Media	Local
-6	Media	Alta	+6	Permanente	Local
-7	Alta	Baja	+7	Temporal	Regional
-8	Alta	Media	+8	Media	Regional
-9	Alta	Alta	+9	Permanente	Regional
-10	Muy alta	Alta	+10	Permanente	Nacional

*Nota.* Calificaciones para la matriz de Leopold. Tomado de (Peralta y Barrios, 2012, p.153).

**Tabla 7**

*Calificación para impactos ambientales positivos aplicados en la matriz de Leopold*

<b>Magnitud</b>			<b>Importancia</b>		
<b>Calificación</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Afectación</b>	<b>Calificación</b>	<b>Duración</b>	<b>Influencia</b>
+1	Baja	Baja	+1	Temporal	Puntual
+2	Baja	Media	+2	Media	Puntual
+3	Baja	Alta	+3	Permanente	Puntual
+4	Media	Baja	+4	Temporal	Local
+5	Media	Media	+5	Media	Local

+6	Media	Alta	+6	Permanente	Local
+7	Alta	Baja	+7	Temporal	Regional
+8	Alta	Media	+8	Media	Regional
+9	Alta	Alta	+9	Permanente	Regional
+10	Muy alta	Alta	+10	Permanente	Nacional

*Nota.* Calificaciones para la matriz de Leopold. Tomado de (Peralta y Barrios, 2012, p.153).

### **3.7 Diseño de Biodigestores a Nivel Conceptual**

Se consideró diseñar 2 prototipos de biodigestores a nivel de ingeniería conceptual, tomando en cuenta los aspectos técnicos, socioeconómicos y ambientales de la zona de estudio.

#### **3.7.1 Caracterización de Estiércol**

Para este análisis se tomaron tres muestras como se observa en la figura 4, con el fin de comparar la eficiencia y calidad de la materia prima (estiércol) para ser utilizado como sustrato para el biodigestor, se utilizó la metodología propuesta por Aragon (2012).

La primera muestra fue tomada de los cerdos destinados a la reproducción, tanto hembras como machos (adultos), la segunda muestra se tomó de los cerdos jóvenes criados para la venta y por último se recogió la muestra del estiércol mezclado de los dos tipos de porcinos. Para el análisis correspondiente se entregó 1 kg de estiércol por cada muestra, cantidad requerida por el laboratorio acreditado.

A continuación, se describen los materiales utilizados para la toma de muestras y de igual forma en la tabla 8 se detallan los parámetros y métodos de referencia utilizados para el análisis en el laboratorio acreditado de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cayambe.

**Materiales:**

- 3 frascos herméticos con capacidad de 3 libras
- Plástico
- Guantes
- Pala
- Cooler
- Hielo en gel

**Figura 4**

*Toma de muestra del estiércol*

**Tabla 8**

*Parámetros para análisis de estiércol*

Nº	Parámetros analizados	Metodología
1	Nitrógeno	Kjeldahl
2	Fósforo	Colorimetría
3	Potasio	Fotometría de flama y absorción atómica
4	Calcio	Fotometría de flama y absorción atómica

N°	Parámetros analizados	Metodología
5	Magnesio	Fotometría de flama y absorción atómica
6	Hierro	Fotometría de flama y absorción atómica
7	Manganeso	Fotometría de flama y absorción atómica
8	Cobre	Fotometría de flama y absorción atómica
9	Zinc	Fotometría de flama y absorción atómica
10	Coliformes totales	SM 9222: D
11	Coliformes fecales	SM 9222: D
12	Humedad	SM 2540: B

*Nota.* Análisis de Laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cayambe (2021).

### **3.7.2 Elección de los Biodigestores**

Para la selección de los modelos de biodigestores a diseñar en la granja, se tomó en cuenta la información bibliográfica planteada en el apartado 2.6.7.

Enfatizando en las necesidades y beneficios de la zona en estudio: costos, rendimiento, operación, mantenimiento, tipo de materia prima, vida útil y requerimiento de área.

### **3.7.3 Memoria de Cálculo**

En este apartado se detalla la secuencia y ecuaciones utilizadas para los cálculos de dimensionamiento.

La metodología de diseño empieza con cálculos preliminares utilizados para los dos biodigestores, continuando con los cálculos de dimensionamiento para cada parte de los biodigestores.

**3.7.3.1 Cálculos Preliminares.** Para realizar los cálculos se debe conocer: el rendimiento, producción de biogás y relación excreta agua, los datos se tomaron de la tabla 9, obtenidos de Córdoba y Tarco (2011).

**Tabla 9**

*Valores de cantidad, rendimiento y producción de biogás tomado de Córdoba y Tarco (2011)*

<b>Tipo de cerdo</b>	<b>Cantidad de excretas por día</b> $\left(\frac{kg}{día}\right)$	<b>Rendimiento de biogás</b> $\left(\frac{m^3}{kg\text{ estiércol}}\right)$	<b>Producción de biogás</b> $\left(\frac{m^3}{animal * día}\right)$	<b>Relación Excreta: agua</b>
Pequeño	1.0	0.07	0.07	
Mediano	1.5	0.07	0.10	1:3
Grande	2.0	0.07	0.14	

*Nota.* Valores preliminares para el diseño de biodigestores. Tomado de (Córdoba y Tarco, 2011).

Se tomó de Forget (2011) datos en relación al tiempo de retención y factor de producción de biogás, se detallan en la tabla 10 y 11.

**Tabla 10**

*Valores de tiempo de retención*

<b>Región</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tiempo de retención (días)</b>
Tópico	30	20
Valle	20 – 30	30
Sierra	0 – 20	60

*Nota.* Valores preliminares para el diseño de biodigestores. Tomado de Forget (2011).

**Tabla 11***Factor de producción de biogás*

<b>Ganado</b>	<b>Factor de producción</b>	<b>Factor general de producción</b>
Cerdo	0.25 – 0.50	0.39

*Nota.* Valores de factor de producción de biogás (adimensionales). Tomado de Forget (2011).

**3.7.3.2 Cálculos de Dimensionamiento.** Una vez obtenido los cálculos preliminares se procedió con el dimensionamiento de las diferentes partes de los dos biodigestores. En la tabla 12 se registra los datos con respecto a los cálculos del dimensionamiento.

**Tabla 12***Datos de cálculo*

<b>Biodigestor de cúpula flotante (indio)</b>	<b>Biodigestor Tubular</b>
$C_e$ = Cantidad de estiércol producido por etapas	$C_e$ = Cantidad de estiércol producido por etapa
$T_r$ = Tiempo de retención	$C_d$ = Carga diaria
$V_L$ = Volumen del reactor	$V_L$ = Volumen del reactor
$V_G$ = Volumen del Biogás	$V_G$ = Volumen del Biogás
$V_T$ = Volumen Total	$V_T$ = Volumen Total
$h_u$ = Altura útil	$\rho_{Bg}$ = Producción diaria de biogás
$H_{rcd}$ = Altura de la cámara de digestión	$C_m$ = Circunferencia de la manga de plástico
$V_{cc}$ = Volumen de la cámara de carga	$r_m$ = Radio de la manga
$V_{cd}$ = Volumen de la cámara de descarga	$d_m$ = Diámetro de la manga
$D_{gi}$ = Diámetro inferior del gasómetro	$S$ = Sección eficaz
$D_{gs}$ = Diámetro superior del gasómetro	$L$ = Longitud

<b>Biodigestor de cúpula flotante (indio)</b>	<b>Biodigestor Tubular</b>
$h_g = \text{Altura del gasómetro}$	$b = \text{Base}$
$h_{rg} = \text{Altura real del gasómetro}$	$h = \text{Altura}$
$h_{pd} = \text{Altura pared divisoria}$	$s = \text{Superficie}$
$C_g = \text{Caño guía}$	$T_r = \text{Tiempo de retención}$

*Nota.* Datos para el cálculo de diseño de los dos biodigestores. Adaptado de (Córdoba y Tarco, 2011).

### **Cálculos para el biodigestor indio o de cúpula flotante**

Las ecuaciones utilizadas se tomaron de varios estudios realizados, empleadas para el cálculo de los distintos parámetros:

- 1. Cantidad de estiércol producido:** calculado en el apartado 4.3.6

$$C_e = \text{Cantidad de estiércol producido por etapa}$$

- 2. Promedio de estiércol por cerdo:** se determinó dividiendo la cantidad de estiércol para el número de cerdos que existen en la granja. Para determinar esta cantidad se utilizó la ecuación 5 propuesta por Cruz (2017).

$$P_e = \frac{C_e}{\text{Número de cerdos}} \text{ (Ecuación 5)}$$

- 3. Potencial de Biomasa:** es igual a la cantidad de excretas producidas. Para este cálculo se aplicó la ecuación 6 utilizada por Córdoba y Tarco (2011) en su proyecto de investigación de diseño de biodigestores.

$$P_b = C_e \text{ (Ecuación 6)}$$

4. **Proporción de mezcla:** Por cada *Kg* de estiércol agregado, se deberá adicionar 3 kg de agua, proporción 1:3. Para el cálculo de este parámetro se utilizó la ecuación 7 propuesta por Córdoba y Tarco (2011).

$$P_m = 3 * P_b \text{ (Ecuación 7)}$$

5. **Cantidad de estiércol y agua (Biomasa):** Es la cantidad de mezcla que ingresa a diario en el biodigestor, dicha cantidad debe ser expresada en  $m^3$ . Para su cálculo se aplicó la ecuación 8 propuesta por Cruz (2017).

$$V_d = C_e + P_m \text{ (Ecuación 8)}$$

6. **Tiempo de retención:** Se usará como referencia la tabla 10 en la que se detalla los tiempos recomendados de acuerdo al clima de la zona, adicional a esto se multiplicará por un factor de seguridad de 1.3. Para el cálculo del tiempo de retención se utilizó la ecuación 9 sugerida por Córdoba y Tarco (2011).

$$T_r = \# \text{ de días} * 1.3 \text{ (Ecuación 9)}$$

7. **Volumen del reactor o volumen líquido:** Estará determinado por la cantidad de estiércol que ingresa a diario y por el tiempo de retención, esta relación se obtendrá de la ecuación 10 sugerida por Barzallo (2018).

$$V_L = V_d * T_r \text{ (Ecuación 10)}$$

8. **Volumen del Biogás:** es el volumen de la cámara donde se almacenará el biogás. Para su cálculo se utilizó la ecuación 11 propuesta por Cruz (2017).



$$V_G = P_b * RB_h \text{ (Ecuación 11)}$$

**Donde:**

$PB = \text{Potencial total del estiércol}$

$RB_h = \text{Rendimiento de biogás}$

- 9. Volumen Total:** para determinar este valor se aplicó la ecuación 12, misma que fue utilizada por Barzallo (2018) en su proyecto de diseño y construcción de biodigestores.

$$V_T = V_L + V_G \text{ (Ecuación 12)}$$

- 10. Altura útil:** para el dimensionamiento del diámetro y altura se utilizó la ecuación 13 y 14 sugeridas por Cruz (2017).

$$h_u = \frac{4*V_u}{d_u^2*\pi} \text{ (Ecuación 13)}$$

$$V_u = V_L \text{ (Ecuación 14)}$$

Es importante que la relación entre diámetro útil y altura útil cumpla con lo siguiente:

$$0.66 \leq \frac{d_u}{h_u} \leq 1$$

**Donde:**

$h_u = \text{altura útil}$

$V_u = \text{volumen útil}$

$d_u = \text{diámetro útil}$

**11. Altura real de la cámara de digestión:** para este tipo de biodigestores la presión será de 0.15m. Para obtener el valor de la altura real se usó la ecuación 15 propuesta por Córdoba y Tarco (2011).

$$H_{rcd} = h_u + P + 0.15 \text{ (Ecuación 15)}$$

**Donde:**

$P = \text{altura manométrica}$

$0.15 = \text{holgura}$

**12. Volumen de la cámara de carga:** la cámara está compuesta por un tubo de forma oblicua, y deberá estar ubicada a 50 cm arriba de la cámara de digestión. Para el cálculo del volumen se utilizó la ecuación 16 sugerida por Cruz (2017).

$$V_{cc} = l_{cc} * a_{cc} * h_{cc} \text{ (Ecuación 16)}$$

**Donde:**

$l_{cc} = \text{largo de la cámara de carga}$

$a_{cc} = \text{ancho de la cámara de carga}$

$h_{cc} = \text{altura de la cámara de carga (Debe ser superior a 1m)}$

$h_{cd} = \text{altura de la cámara de carga de descarga}$

**13. Volumen de la cámara de descarga:** es el lugar por donde se evacuan los residuos ya fermentados. Sus dimensiones se calculan utilizando la ecuación 17 propuesta por Córdoba y Tarco (2011).

$$V_{cd} = l_{cd} * a_{cd} * h_{cd} \text{ (Ecuación 17)}$$

**14. Diámetro inferior del gasómetro:** se recomienda que su forma sea circular para proporcionar mayor seguridad de instalación. Debe estar fabricado en acero con un espesor de 2 a 3 *mm*. Para el cálculo del diámetro se aplicó las ecuaciones 18 y 19 sugeridas por Córdoba y Tarco (2011).

$$D_i = D_u \text{ (Ecuación 18)}$$

$$D_{gi} = D_i - 0.10 \text{ (Ecuación 19)}$$

**Donde:**

$D_i$  = *diámetro interno*

**15. Diámetro superior del gasómetro:** debe ser 10 *cm* más que el inferior. El valor se obtuvo con la aplicación de la ecuación 20 planteada en el proyecto de investigación realizado por Córdoba y Tarco (2011).

$$D_{gs} = D_i + 0.10 \text{ (Ecuación 20)}$$

**16. Altura del gasómetro:** para obtener la altura se utilizó la ecuación 21 sugerida por Barzallo (2018).

$$V_G = \frac{\pi * (D_{gs})^2}{4} * h_g \text{ (Ecuación 21)}$$

Despeje de la ecuación anterior

$$h_g = \frac{4 * V_G}{\pi * (D_{gs})^2}$$

**17. Altura real del gasómetro:** para calcular la altura real se utilizó la ecuación 22 mencionada por Cruz (2017) en su proyecto de investigación sobre biodigestores.

$$h_{rg} = h_g + 0.10 + P \text{ (Ecuación 22)}$$

**Donde:**

$P = \text{presión } 0.15 \text{ mca}$

**18. Pared divisoria:** divide el interior del biodigestor en dos sub cámaras. Para el cálculo se utilizó la ecuación 23 propuesta en el trabajo de investigación realizado por Córdoba y Tarco (2011).

$$h_{pd} = H_{rca} - h_g \text{ (Ecuación 23)}$$

**19. Caño guía:** orienta el movimiento del gasómetro. Para este cálculo se utilizó la ecuación 24 sugerida por Cruz (2017) para diseño y construcción de biodigestores.

$$C_g = 1 + h_{rg} + \frac{h_{rg}}{2} \text{ (Ecuación 24)}$$

### **Cálculos para el diseño del Biodigestor Tubular (Taiwanés)**

Fórmulas tomadas de Forget (2011) y Calderón (2015) empleadas para el cálculo de los siguientes parámetros:

**1. Cantidad de estiércol producido:** este valor se encuentra calculado en el apartado 4.3.6

$$C_e = \text{Cantidad de estiércol producido por etapa}$$

**2. Promedio de estiércol por cerdo:** se aplicó la ecuación 25 utilizada por Forget (2011).

$$P_e = \frac{C_e}{\text{Número de cerdos}} \text{ (Ecuación 25)}$$

3. **Tiempo de retención:** se utiliza como referencia la tabla 9 de tiempos de retención, adicional se multiplica por un factor de seguridad de 1.3. Se aplicó la ecuación 26 propuesta por Calderón (2015) para diseño de un biodigestor tubular para obtener biogás.

$$T_r = \# \text{ de dias} * 1.3 \text{ (Ecuación 26)}$$

4. **Carga diaria:** para obtener la cantidad de carga se utilizó la ecuación 27 sugerida por Calderón (2015).

$$C = \text{Excretas} + \text{agua} \text{ (Ecuación 27)}$$

5. **Volumen del reactor o volumen líquido:** debe ser expresado en  $m^3$ . Se calculó con la ecuación 28 utilizada por Forget (2011) en su manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares.

$$V_L = (kg_{(excretas)} + kg_{(agua)}) * T_r \text{ (Ecuación 28)}$$

6. **Volumen del Biogás:** se acumula en la parte superior del biodigestor, es un tercio del volumen del reactor. Para obtener el valor se utilizó la ecuación 29 sugerida en el estudio de investigación de diseño de biodigestores realizado por Calderón (2015).

$$V_G = \frac{V_L}{3} \text{ (Ecuación 29)}$$

7. **Volumen Total:** para el cálculo se utilizó la ecuación 30 propuesta por Calderón (2015) en su proyecto de investigación sobre biodigestores.

$$V_T = V_L + V_G \text{ (Ecuación 30)}$$

- 8. Producción diaria de biogás:** Para el cálculo se utiliza datos de la tabla 10 proporcionados por Forget (2011). Se toma un valor de SV= 0,77 y ST = 0,17, se conoce que  $M_{es}$  es el peso del estiércol en *kg* que se coloca a diario en el biodigestor.

$$\rho_{Bg} = 0.131 * M_{es} * 0.39 \text{ (Ecuación 31)}$$

**Donde:**

$\rho_{Bg}$  = *producción diaria de biogás*

$f_{PGen}$  = *factor general de producción* = 0,39

- 9. Circunferencia de la manga de plástico:** para obtener este valor se aplicó la ecuación 32 utilizada por Calderón (2015) para el diseño de un biodigestor tubular para obtener biogás.

$$C = 2 A_R \text{ (Ecuación 32)}$$

**Donde:**

$A_R$  = *ancho de rollo*

- 10. Radio de la manga:** se aplicó la ecuación número 33 utilizada por Forget (2011) en su manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares.

$$r = \frac{C}{2\pi} \text{ (Ecuación 33)}$$

**11. Diámetro de la manga:** para el diámetro se utilizó la ecuación 34 sugerida por Calderón (2015).

$$d = 2r \text{ (Ecuación 34)}$$

**12. Sección eficaz:** se aplicó la ecuación 35 obtenida de Calderón (2015) para el diseño de un biodigestor tubular para obtener biogás.

$$S = \pi r^2 \text{ (Ecuación 35)}$$

**13. Volumen Total:** el volumen total se obtuvo de la ecuación 36 obtenida de la investigación realizada por de Calderón (2015).

$$V_T = \pi r^2 * L \text{ (Ecuación 36)}$$

**14. Relación óptima entre longitud y diámetro**

$$\frac{L}{d} = \text{entre 5 y 10 (ideal 7)}$$

**15. Cálculos para el dimensionamiento de la zanja:** para los diferentes cálculos se utilizó las ecuaciones 37,38 y 39 presentadas en la investigación realizada por Forget (2011).

Base:

$$b = \frac{A_R}{3} \text{ (Ecuación 37)}$$

Altura:

$$h = \frac{A_R}{2} \text{ (Ecuación 38)}$$

Superficie:

$$s = h + 0.1 \text{ (Ecuación 39)}$$

#### **3.7.4 Planos**

Con los valores obtenidos del numeral 3.7.3 con respecto al dimensionamiento de los dos biodigestores, se continúa con la elaboración del dibujo de los mismos, para lo cual se ejecutó con ayuda de un software especializado para diseño, AutoCAD 2d.

#### **3.7.5 Especificaciones Técnicas**

Se realizó un análisis de la información de varias propuestas bibliográficas de los diferentes materiales recomendados para la construcción de los biodigestores.

De igual forma se calculó un presupuesto referencial de los costos de adquisición de los mismos de acuerdo al valor actual del mercado nacional (material de construcción), en base a los resultados obtenidos de la información levantada del apartado 3.7.3.

#### **3.7.6 Evaluación Socioeconómica**

Se realizó un análisis de costos y beneficios sociales de la instalación de los biodigestores, se comparó con la información obtenida de la encuesta realizada a la propietaria y jornaleros de la granja, con el fin de determinar la viabilidad socioeconómica de la instalación de mencionada tecnología.

#### **3.7.8 Evaluación Ambiental**

Con la información obtenida de los apartados 2.6.7 y 3.6.1, se analizó la información, teniendo en cuenta los resultados del apartado ambiental y socioeconómico de la encuesta aplicada a la propietaria y jornaleros de la granja, con la finalidad de evaluar la viabilidad ambiental del diseño y aplicación en un futuro de alguno de los biodigestores propuestos.



### ***3.7.9 Evaluación Socioeconómico y Ambiental del Biogás Frente al GLP.***

Se realizó un análisis socioeconómico y ambiental entre el biogás y el gas licuado del petróleo (GLP), para el mencionado análisis se utilizó la información obtenida de las encuestas aplicadas a la propietaria de la granja y jornaleros, además de fuentes bibliográficas.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se detallan los resultados obtenidos, mediante la metodología descrita anteriormente.

### 4.1 Localización del Área de Estudio

Las coordenadas geográficas de los puntos extremos de la granja se encuentran detalladas en la tabla 12, el mapa generado en ArcGIS 10.8, se puede observar en el Anexo 4.

**Tabla 13**

*Coordenadas geográficas UTM de la granja*

Shape	X	Y
1	768023.32	9817770.71
2	767957.62	9817756.59
3	767865.53	9817713.74
4	767844.87	9817657.35
5	768049.08	9817750.77
6	767971.95	9817640.95
7	768023.32	9817770.71

*Nota.* Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021)

### 4.2 Detalle del Área de Estudio

En la tabla 14 se detallan los datos más relevantes del área de estudio con respecto a la actividad que se desarrolla en la granja “El Limonar”.

**Tabla 14**

*Descripción de la granja*

Criterios	Descripción
Ubicación y extensión total de la granja	Se ubica en el barrio Bactúz y dispone de alrededor de 2 <i>Ha</i> que cuenta con cultivos, zona de pastoreo, corrales y un pequeño bosque.
Animales	Gallinas, cuyes, conejos, cerdos, patos, alpacas, burros, borregos y abejas.

Criterios	Descripción
Cultivos	Árboles frutales, alfalfa, frutillas, maíz, chocho, aguacates.
Servicios básicos	Cuentan con servicio de electricidad solo en la casa principal, mientras que el recurso agua es de procedencia entubada de acequias aledañas a la granja.
Número de ganado porcino	15
Horario dedicado a la crianza	En tres horarios, en la mañana a las 5h00 am, en la tarde a las 15h00 pm y en horas de la noche: 18h00 pm, con duración de una hora.
Horario de limpieza	Se realiza en una jornada en horarios de la noche: 18h00 con duración de dos horas.
Producción y costos de venta	El peso de los cerdos listos para la venta es de 200 a 500 kg con un valor de \$200 a \$ 400 dólares, la venta se realiza en camales y mercados.

*Nota.* Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021)

El agua es el recurso más costoso y difícil de adquirir en grandes cantidades, resaltando que no cuenta con los tratamientos necesarios, por lo expuesto la limpieza de los corrales se realiza mediante la aplicación de viruta. Mientras que la electricidad solo la obtienen para la casa principal de la granja.

### **4.3 Valoración de la Situación de la Granja**

#### **4.3.1 Estado de los Corrales para la Crianza Porcina**

El ganado porcino se encuentra dentro de los corrales las 24 horas del día, y disponen de bebederos tipo tetina, comedores y cepillos de limpieza. En el área también se encuentra material para la limpieza como baldes, palas y carretillas para el transporte de alimento.

Los animales se encuentran separados de acuerdo a su etapa fisiológica en tres áreas diferentes; zona de crianza, zona de desarrollo y zona de cerdos adultos.

Las áreas de corrales no cuentan con un adecuado drenaje de efluentes, ya que las tuberías que receptan el producto de la limpieza y demás desperdicios desembocan hacia un pozo séptico al aire libre, como se observa en la figura 5, para después dirigir los lixiviados al terreno contiguo sin ningún tratamiento, ver figura 6, generando la presencia de malos olores, estancamiento de excretas, así como la aparición de vectores.

### **Figura 5**

*Efluentes depositados en pozo séptico*



### **Figura 6**

*Drenaje de fluidos provenientes de los corrales*



#### 4.3.2 Identificación de Flora y Fauna

En cuanto a la identificación de la flora (figura 7), dentro de la propiedad se identificó especies propias de la región como: cola de caballo (*Equisetum miriochaetum*), alfalfa (*Medicago sativa*), caballo chupa (*Equisetum miriochaetum*), cardo santo (*Argemone mexicana*), carrizo (*Arundodonax*), diente de león (*Taraxacum officinale*), kicuyo (*Peniceptum clandestino*), maíz (*Zea mayz*), paja (*Corteria dioica spreng*), papa (*Solanum tuberosum*), sigze (*Cortaderia orbiculata*), cabuya negra (*Agave americana*), capuli (*Prunus serotina*), chilca (*Baccharis latifolia*), guarango (*Prosopis pallida*) y limón (*Citrus limon*).

#### Figura 7

*Flora propia del lugar de estudio*



La propiedad cuenta con 16 especies de flora de un total de 32 que constan en el Plan de Ordenamiento Territorial de Cubijies. Las especies nativas encontradas son escasas debido al progresivo avance de la agricultura dentro y fuera de la granja, sin embargo, cuenta con un pequeño bosque, en el predomina mayormente árboles de eucalipto.

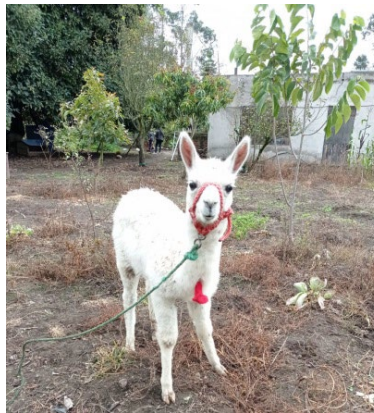
En cuanto a la fauna de la zona se encontró: conejos silvestres (*Oryctolagus cuniculus*), mirlo café (*Turdus chiguanco*), mirlo grande (*Turdus fuscater*), quilico (*Falco sparverius*), gorrión

(*Zonotrichia capensis*), huiracchuro amarillo (*Pheucticus chrysogaster*), jilguero común (*Carduelis magellanica*), tórtolas (*Zenaida auriculata*), gorrión (*Passer domesticus*), lagartija café (*Proctoporus unicolor*).

Con respecto a las especies domésticas se encontraron: vacas, alpacas, burros, ovejas, gallinas, cuyes y cerdos. Ver figura 8.

### **Figura 8**

*Fauna presente en la granja (Alpaca)*



#### **4.3.3 Identificación del Clima**

Los datos de los últimos cinco años registrados en la estación meteorológica M1036, se detallan a continuación:

**Precipitación:** con valores que van desde los 6.39 a los 5.63 *mm* de lluvia anual en promedio, siendo el 2017 el año con mayor índice de precipitación, con un promedio de 8.95 *mm* (INAHMI, 2021).

**Temperatura:** se registran valores de 12 °C a 18 °C, presentando una variación de hasta dos grados en el último año (INAHMI, 2021).

**Piso climático:** la parroquia se ubica a una altura de 1800 a 3200 *msnm*, por lo que se encuentra en la categoría de mesotérmico semi húmedo. La temperatura de este piso climático es de 10 y 20 °C (Garcés, 1996).

En la tabla 15 se detalla la humedad, precipitación y temperatura de la parroquia desde el año 2016 hasta el 2020.

**Tabla 15**

*Datos de temperatura 2016-2020*

<b>Año</b>	<b>Humedad relativa</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Temperatura máxima (°C)</b>	<b>Temperatura mínima (°C)</b>
2016	7327.83	6.39	19	13
2017	7585.41	8.95	18	12
2018	7480.67	6.36	19	11
2019	7629.95	5.66	20	13
2020	7775.96	5.63	21	14

*Nota.* Se presentan datos tomados de la estación, en un rango de cinco años. Fuente: (INAHMI, 2021).

#### **4.3.4 Caracterización Edafológica**

Se determinó que la textura del suelo de la granja es franco arenoso, acorde a lo mencionado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Cubijies (2019).

En la tabla 16 se puede observar los resultados del análisis de laboratorio. El informe de resultados analizados se encuentra en el Anexo 5.

**Tabla 16**

*Resultados del muestreo de suelo no intervenido de la granja*

<b>Nº</b>	<b>Parámetro Analizado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Niveles Suficientes</b>
1	Potencial de hidrógeno	U pH	8,29	6,5 – 6,9
2	Conductividad eléctrica	mS/cm	0,48	0,5 – 1,49
3	Materia orgánica	%	0,64	3,3 – 4,8

Nº	Parámetro Analizado	Unidad	Valor	Niveles Suficientes
4	Nitratos	mg/L(NO <sub>3</sub> )	1,90	29,0 – 112,0
5	Fósforo	Ppm (P)	4,38	16,0 – 80,0
6	Potasio	meq/100 mL (K)	1,8	2,0 – 3,1
7	Calcio	meq/100 mL (Ca)	6,81	5,2 – 10,0
8	Magnesio	meq/100 mL (Mg)	4,03	3,1 – 5,1
9	Sodio	meq/100 mL (Na)	0,91	< 2,0
10	Capacidad de intercambio catiónico	meq/100 mL (CIC)	12,92	11,0 – 280,0
11	Hierro	ppm (Fe)	7,11	9,1 – 12,0
12	Cobre	ppm (Cu)	2,59	0,8 – 1,2
13	Manganeso	ppm (Mn)	1,58	7,1 – 12,0
14	Zinc	ppm (Zn)	0,43	4,1 – 9,5
15	Arena	%	70	N. A
16	Limo	%	28	N. A
17	Arcilla	%	2	N. A

*Nota.* Resultados de análisis. Adaptado de (Laboratorio de suelos y agua de la UPS, sede Cayambe, 2021).

Con respecto a los niveles de calcio, estos se encuentran dentro del rango óptimo, este compuesto ayuda principalmente a que los cationes pueden ser absorbidos de forma adecuada por las plantas y el suelo. De igual forma los niveles de magnesio están dentro de un rango adecuado, como menciona Intagri (2019) estos niveles pueden ser producto de la descomposición de minerales que ayuda al suelo a una adecuada absorción, el valor de sodio denota que es el adecuado, como se menciona en Minerals and Agriculture (2019) el valor de sodio se da principalmente en regiones semiáridas.

Sin embargo, arrojan parámetros como: materia orgánica, conductividad eléctrica, nitratos, macro y micro nutrientes por debajo de los valores recomendados para ser considerado un suelo saludable y fértil según los criterios de calidad del suelo de la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo. Considerando que, si se desea utilizar el suelo para cultivo, este debe ser sometido



a un tratamiento con compuestos químicos como orgánicos, con el fin de suplir estas necesidades alcanzando los niveles óptimos para un correcto desarrollo de las plantas.

Se identifica también valores que sobrepasan lo recomendado en la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo, como es el caso del pH al ser moderadamente alcalino, haciendo que el suelo presente carencia de varios elementos importantes para la fertilidad.

#### ***4.3.5 Estimación de Consumo y Calidad de Agua Para la Actividad Porcina***

La cantidad estimada de gasto de agua de vertiente para la limpieza y desinfección de corrales es de 150 litros al mes. Mientras que, para la hidratación de los cerdos es de 2.500 litros con duración de dos días, con instalaciones dirigidas a los bebederos de los corrales para una hidratación constante, se puede visualizar en la figura 9.

#### **Figura 9**

*Abastecimiento de agua para cerdos*



Con respecto a la calidad de agua, se observa en la tabla 17, los resultados obtenidos de las muestras analizadas, y en la tabla 18 se reporta la comparación de resultados frente a los “Límites máximos permisibles para agua de uso agrícola” (TULSMA, 2015). El respectivo informe de resultados se encuentra en el Anexo 6.

**Tabla 17***Resultados del muestreo para identificar la calidad de agua de la granja*

Nº	Parámetro Analizado	Unidad	Valor
1	Temperatura	°C	12,60
2	Potencial hidrógeno	U pH	7,82
3	Conductividad eléctrica	mS/cm	1,11
4	Turbidez	UTN	1,65
5	Cloro residual	mg/L (Cl)	< 0,03
6	Fosfatos	mg/L (PO <sub>3</sub> )	< 1,00
7	Nitratos	mg/L (NO <sub>3</sub> )	2,59
8	Azufre	mg/L (S)	121,23
9	Relación absorción sodio	meq/L (RAS)	2,04
10	Dureza total	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	368,01
11	Calcio	mg/L (Ca)	54,96
12	Magnesio	mg/L (Mg)	56,04
13	Sodio	mg/L (Na)	90,20
14	Hierro	mg/L (Fe)	0,04
15	Cobre	mg/L (Cu)	0,07
16	Manganeso	mg/L (Mn)	< 0,05
17	Zinc	mg/L (Zn)	<0,05
18	Boro	mg/L (B)	0,27
19	Coliformes totales	NMP/100 mL	910
20	Coliformes fecales	NMP/100 mL	10
21	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L (O <sub>2</sub> )	< 5,00
22	Demanda Química de Oxígeno	mg/L (O <sub>2</sub> )	< 15,00

*Nota.* Resultados del análisis. Adaptado de (Laboratorio de suelos y agua de la UPS, sede Cayambe, 2021).

**Tabla 18**

*Comparación de resultados frente a la normativa de “Límites máximos permisibles para agua de uso agrícola” (TULSMA, 2015).*

<b>Parámetros analizados</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Límite máximo permisible</b>	<b>Criterios de resultados</b>
Potencial hidrógeno	U pH.	7,82	5,0 -9,0	Cumple
Color	PCU	<0,03	15,00	Cumple
Dureza total	mg/L	368,01	500,00	Cumple
Cloro residual	mg/L	<1,00	0,03 – 1,50	No Cumple
Sulfatos	mg/L	121,23	250,00	Cumple
Nitratos	mg/L	2,59	10,00	Cumple
Hierro total	mg/L	0,04	5,00	Cumple
Boro	mg/L	0,27	1,00	Cumple
Coliformes totales	NMP/100 mL	910	50	No Cumple
Coliformes fecales	NMP/100 mL	10	<1	No Cumple

*Nota.* Norma Técnica Ecuatoriana. Adaptada de “Guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud” (OMS, 2011). “Límites máximos permisibles para agua de uso agrícola” (TULSMA, 2015).

Los resultados demuestran que los parámetros de cloro residual y coliformes fecales y totales se encuentran en rangos superiores a los establecidos por el TULSMA, reflejando alto contenido de material fecal en el agua de consumo humano y de uso en la ganadería y agricultura.

#### **4.3.6 Residuos Generados en la Granja por la Actividad de Crianza Porcina**

En la tabla 19 se detallan los residuos que se generan dentro de la granja, relacionados con la actividad porcina.

**Tabla 19***Residuos identificados de la producción porcina*

<b>Residuos Sólidos Orgánicos</b>	<b>Residuos Sólidos Inorgánicos</b>
Excretas – estiércol	Material veterinario: medicamentos caducos, jeringas usadas, envases de vacunas, pipeta, entre otros.
Residuos de alimentos	
Viruta	Envases de plaguicidas

*Nota.* Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021)

El estiércol y la viruta son los residuos que más se generan. En la primera fase de limpieza del corral el estiércol recolectado es colocado al aire libre durante una semana. En la segunda fase de limpieza se utiliza la viruta, luego del tratamiento se deposita en costales, para un posterior uso como abono en zonas de cultivo.

En la tabla 20 se detallan los valores para el cálculo de la cantidad de excretas producidas en la granja, de acuerdo al tipo de la población del ganado porcino.

Con base en lo cual se establece que la producción diaria total de estiércol de los 15 cerdos es de 112,38 kilogramos y 130 kilogramos de viruta.

**Tabla 20***Peso y producción diaria de excretas*

<b>Etapa</b>	<b>Tipo de porcino</b>	<b>Peso [Kg]</b>	<b>Población</b>	<b>Producción diaria de excretas por cerdo por etapa [kg]</b>	<b>Producción diaria total por etapa [kg]</b>
Reproducción	Hembras Lactantes	500	2	40.4	80.8
	Hembras Secas	150	1	7.56	7.56
	Sementales	300	2	8.79	17.58
	Lechones	2.7	6	0.24	1.44
Cría	Destete	14.6	4	1.25	5
Total de estiércol			15		112.38

*Nota:* Producción total de generación de estiércol. Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D, (2021).

#### **4.4 Aplicación de Encuestas**

Se encuestó un total de 50 personas, las gráficas de los resultados se pueden visualizar en al Anexo 7. La información obtenida fue la siguiente:

##### **4.4.1 Parte 1: Información General**

Conforme con los resultados obtenidos, el rango de edad de las personas encuestadas fue desde los 35 a 50 años, donde predomina el sexo femenino sobre el masculino, la mayoría de la población tiene estado civil casado y solo el 56% son originarios del cantón Riobamba.

El número de integrantes por familia en un 54% están compuestos por 3 a 5 miembros y un 46% posee más de 5 miembros en su núcleo familiar. En el tema de educación el 50% de las personas encuestadas cuentan con estudios secundarios y solo un 12% han tenido acceso a la educación superior.

#### **4.4.2 Parte 2: Información Socioeconómica**

En cuanto a la situación socioeconómica, el 64% de las personas encuestadas cuentan con un trabajo, mientras que un 36% no cuenta con empleo, siendo el trabajo predominante el autónomo, principalmente el relacionado con las actividades agrícolas y ganaderas, fuente de ingresos, los cuales están entre los 200 a 300 *USD/mes*.

Gran parte de la población posee vivienda y terrenos propios, el acceso a los servicios básicos es deficiente ya que solo un 40% cuenta con todos los servicios básicos, mientras que el restante carece de algún servicio, siendo los más comunes alcantarillado y electricidad. El 96% de habitantes de la parroquia de Cubijies utilizan gas para cocinar sus alimentos, este combustible lo adquieren dentro la parroquia, siendo el gasto mensual más de 10 *USD/mes*.

#### **4.4.3 Parte 3: Información Ambiental**

El 78% de la población considera de alta importancia el cuidado del medio natural de su parroquia, por otro lado, el 84% manifestó desconocer las actividades desarrolladas por el GAD parroquial para preservar el medio ambiente. El 82% de la población considera que las actividades ganaderas no generan daño ambiental.

El 40% de los encuestados se dedica a la crianza de ganado porcino, con un promedio de 12 a 20 cerdos. El tiempo que le dedican es superior a 3 horas al día, con una alimentación a base de balanceado. El problema ambiental más notable es el mal olor por la acumulación de estiércol al aire libre, el 72% de este estiércol no recibe el debido tratamiento.

Con respecto a la agricultura, la mayoría de los encuestados utilizan para la preparación de terrenos antes de ser cultivados, abono orgánico y fertilizantes químicos. Por lo que se refiere al recurso hídrico es deficiente y de calidad baja, obtenida por medio de acequias cercanas, por tal motivo la limpieza de los corrales en la mayoría de los casos se lo realiza una vez al mes con el

uso de mangueras o baldes y con una duración de menos de 15 minutos. En los casos donde no se cuenta con el servicio de alcantarillado el agua es vertida directamente al suelo.

El 72% de los habitantes califican como muy buena la idea de instalación de un sistema de aprovechamiento de estiércol porcino, así como el 92% demostró su predisposición para ser parte de un programa para la implementación de biodigestores.

## 4.5 Muestreo y Análisis

### 4.5.1 Análisis de Suelo Contaminado

Los resultados de los respectivos análisis de laboratorio, se encuentran en la tabla 21. El informe de resultados se encuentra en el Anexo 8

**Tabla 21**

*Resultados del análisis de suelo contaminado*

Parámetros	Unidad	Valor	Niveles suficientes
Potencial hidrógeno	U pH	6,79	6,5- 6,9
Conductividad eléctrica	mS/cm	2,06	0,5- 1,49
Materia orgánica	%	1,40	3,3- 4,8
Nitratos	mg/L(NO <sub>3</sub> )	112,34	29,0 – 112,0
Fósforo	ppm (P)	72,21	16,0 – 80,0
Potasio	meq/100mL (K)	1,18	2,0 – 3,1
Calcio	meq/100mL (Ca)	4,25	5,2 – 10,0
Magnesio	meq/100mL (Mg)	3,17	3,1 – 5,1
Sodio	meq/100mL (Na)	0,97	<2,0
Capacidad de intercambio catiónico	meq/100mL (CIC)	9,57	11,0 – 280,0
Hierro	ppm (Fe)	33,55	9,1 – 12,0
Cobre	ppm (Cu)	3,58	0,3 – 1,2
Manganeso	ppm (Mn)	23,75	7,1 – 12,0
Azufre	mg/L	75,63	11,0 – 80,0

Parámetros	Unidad	Valor	Niveles suficientes
Boro	ppm (B)	0,55	1,1 – 2,0
Zinc	ppm (Zn)	4,50	4,1 – 9,5
Arena	%	72	N. A
Limo	%	26	N. A
Arcilla	%	2	N. A

*Nota.* Resultados de análisis. Adaptado de (Laboratorio de suelos y agua de la UPS, sede Cayambe, 2021).

Se identifican valores que sobrepasan lo recomendado en cuanto a nitrato, fósforo, hierro y cobre por la exposición a contaminantes (estiércol porcino), esto concuerda con lo expuesto por Pons et al. (2016) en su investigación, donde menciona que el exceso de macronutrientes baja el nivel de calidad del cultivo, debilita a la planta, además de atraer plagas, entre otros.

## **4.6 Identificación y Calificación de Impactos Ambientales de la Granja**

### **4.6.1 *Análisis de la Matriz de Leopold***

El subcomponente suelo presenta el mayor de los impactos negativos con un valor de -62, este valor determina la presencia de un alto nivel de impacto ambiental, siendo el vertido de purines el principal factor a tener en cuenta dentro de este apartado, con respecto a la flora se refleja una calificación de -53 debido a la necesidad de adecuar zonas para el cultivo afectando la flora propia de la zona, mismas que alteran a este subcomponente. El subcomponente aire tiene una calificación de -33 donde principalmente por la generación de malos olores producto de la crianza porcina dentro de la granja.



Dentro del análisis, el subcomponente económico presenta el mayor impacto positivo, siendo la calificación de 52, esto gracias a las actividades económicas de crianza y comercialización de ganado porcino.

La matriz de Leopold se puede visualizar en el Anexo 9, donde constan las respectivas calificaciones para cada componente.

## 4.7 Diseño de Biodigestores a Nivel Conceptual

### 4.7.1 Caracterización de Estiércol

Se observa en la tabla 22 los resultados del análisis de calidad de estiércol. El informe de laboratorio se encuentra en el Anexo 10.

**Tabla 22**

*Resultado del análisis de estiércol porcino*

Parámetros analizados	Unidad	Cerdos jóvenes	Cerdos adultos	Mezcla
Nitrógeno	% p/p	0,78	1,07	0,69
Fósforo	% p/p	0,14	0,71	1,03
Potasio	% p/p	0,10	0,15	0,07
Calcio	% p/p	0,14	0,51	0,86
Magnesio	% p/p	0,08	0,37	0,30
Hierro	ppm/100g	469,18	398,20	452,68
Sodio	% p/p	0,07	0,16	0,24
Manganeso	ppm/100g	60,77	184,64	119,10
Cobre	ppm/100g	59,91	197,88	102,23
Zinc	ppm/100g	77,36	170,13	115,70

<b>Parámetros analizados</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cerdos jóvenes</b>	<b>Cerdos adultos</b>	<b>Mezcla</b>
Coliformes totales	NMP/10mL	$7.2 \times 10^9$	$6.8 \times 10^9$	$1.3 \times 10^9$
Coliformes fecales	NMP/10mL	$6.1 \times 10^9$	$1.8 \times 10^9$	$5.4 \times 10^9$
Humedad	%	74,7	68,4	69,0
Carbono	%	34,3	47,0	46,0
Cenizas	%	40,6	18,8	20,5
Relación C/N	%	44,0	44,0	66,6

*Nota.* Resultados de análisis. Adaptado de (Laboratorio de suelos y agua de la UPS, sede Cayambe, 2021).

Los análisis fisicoquímicos del estiércol de cerdo, tanto de adultos, jóvenes y la mezcla de los dos, reflejaron que, en el caso de los cerdos adultos la asimilación de los macronutrientes es elevado, a comparación del resultado de los cerdos jóvenes, por otra parte, en lo que respecta a los micronutrientes la asimilación de los cerdos adultos es menor en comparación a la de cerdos jóvenes, estos valores son similares y se encuentra dentro de los rangos de calidad y eficiencia del estiércol para ser utilizado como sustrato, propuesto por Moreno (2019).

A su vez los valores de análisis están acorde a lo propuesto por Avendaño y Urbina (2010) para la producción tanto de abono organico, como para su empleo como materia prima para la generacion de biogas. Los valores del estiércol de porcinos jovenes como de adultos cumplen con lo que determina Ayala y Cadillo (2020) en su investigación, misma que busca la aplicación de estiércol como abono, a su vez concuerda con los parámetros que se consideran apropiados para el correcto desarrollo de las bacterias metanogénicas.

Con respecto a la mezcla de estiércol de los cerdos, en comparación con los valores propuesto por Bernal y Suárez (2018), se puede usar como materia prima para el funcionamiento del biodigestor, debido a los valores apropiados de macro y micro nutrientes, proporcionando una buena calidad de sustrato.

#### 4.7.2 Elección de Biodigestores

Para la selección se tomó los criterios que se visualizan en la tabla 23 con ayuda de fuentes bibliografías.

**Tabla 23**

*Criterios de comparación de diferentes tipos de biodigestores*

Tipo de biodigestor	Vida útil	Partes	Materiales	Descripción
Biodigestor de cúpula fija o diseño chino	20 años	-Tubería de salida del gas. -Sello removible. -Tapa móvil. -Entrada -Tanque de desplazamiento -Tubería de salida -Almacenamiento de gas -Materia orgánica	-Ladillo -Piedra -Hormigón	Materiales y recursos humanos de construcción costosos. Esta tecnología no es tan popular fuera de China.
	15 años		-Polietileno	

<b>Tipo de biodigestor</b>	<b>Vida útil</b>	<b>Partes</b>	<b>Materiales</b>	<b>Descripción</b>
Biodigestor de estructura flexible de bolsa		-Tubo de admisión de desechos. -Fosa de separación sólidos gruesos. -Fermentador y bolsa de almacenamiento. -Tubo del afluente -Tubo de metano.	-PVC	Tiene alto nivel de riesgo para explosiones.
Biodigestor Indio o de cúpula flotante	De 15 a 20 años	-Tanque de mezcla. -Alimentación. -Digestor. -Almacenamiento de biogás. -Almacenamiento sustrato digerido. -Descarga. -Cañería gas. -Trampa de agua. -Tuberías. -Invernadero.	-Cemento. -Ferro cemento. -Ladrillo -Acero -Polietileno -Plástico	Es utilizado para el tratamiento de excremento de animales de pequeños o medianos predios.

<b>Tipo de biodigestor</b>	<b>Vida útil</b>	<b>Partes</b>	<b>Materiales</b>	<b>Descripción</b>
Biodigestor de tipo tubular	De 5 a 15 años	-Válvulas. -Manómetro. -Reservorio.	-Geo membrana	Se adapta a climas Andinos y es de fácil construcción

*Nota.* La información se obtuvo de fuentes bibliográficas. Fuente: (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, 2009)

Los biodigestores seleccionados para una futura instalación en la zona de estudio fueron los siguientes:

**4.7.2.1 Biodigestor Indio o de Cúpula Flotante.** Se seleccionó este modelo por su capacidad de producción de biogás, la cual satisface la necesidad de la granja, además de contar con un gasómetro para brindar una eficiencia en la distribución del gas generado. Es técnicamente viable debido a su fácil mantenimiento, vida útil (de 15 a 20 años) y por su funcionamiento, siendo utilizado principalmente para tratar excretas de animales. Por último el biodigestor cuenta con riesgo bajo de explosión, esto se da solo si no se cumple las normas de seguridad y manejo de combustibles (Hernández, 2013).

La Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (2009) describe de la siguiente manera las partes del biodigestor:

- Cámara de carga: es el lugar donde se colocará la biomasa
- Tubería de alimentación: es la tubería de conexión entre la cámara y el digestor.
- Cámara de digestión: en este compartimento se descompone la biomasa gracias a las bacterias.
- Gasómetro: es el encargado de ejercer presión para la correcta distribución del biogás.
- Cámara de descarga: lugar donde se recolecta la biomasa no digerida.

- Tubería de descarga: tubería por la cual se envía la biomasa no digerida hacia la cámara de descarga.
- Pared divisoria: subdivide al biodigestor en dos cámaras que ayudan a la correcta producción de biogás.

**4.7.2.2 Biodigestor Tubular.** La selección de este modelo principalmente fue por su adaptación a climas Andinos, su fácil construcción, instalación y mantenimiento fue determinante, así como también los precios de inversión, su vida útil sobrepasa los 5 años en tubulares plásticos y en geomembrana los 15 años.

Los componentes y material recomendado se detallan a continuación dichos materiales son propuestos por García et al. (2017), con facilidad de adquisición en la zona de estudio.

- Reactor: almacena la materia orgánica, su material es de polietileno.
- Tuberías: conducen el gas, son de PVC
- Invernadero: carpa solar de protección, siendo opcional
- Válvulas: impide que el reactor se dañe
- Manómetro: controla la producción de biogás
- Reservorio: Almacena el biocombustible

#### **4.7.3 Memoria de Cálculo**

Se presentan los cálculos de dimensionamiento de los dos biodigestores, a fin de determinar sus volúmenes, materiales y costos. Se utilizó la metodología mencionada en el apartado 3.7.3.

**Biodigestor Indio:** en las tablas 24, 25 y 26 se encuentran: los parámetros, dimensiones del biodigestor y dimensiones del gasómetro respectivamente.

**Tabla 24***Parámetros para el dimensionamiento Biodigestor Cúpula Flotante*

Parámetros	Valores
Cantidad de estiércol producido al día	112,38 $\frac{\text{kg estiércol}}{\text{día}}$
Promedio de estiércol por cerdo	7,49 kg de estiércol
Proporción de mezcla	337,14 $\frac{\text{kg agua}}{\text{día}}$
Potencial de Biomasa	112,38 kg de estiércol
Cantidad de estiércol y agua (Biomasa)	0.45 $\frac{\text{m}^3}{\text{día}}$
Tiempo de retención	52 días

*Nota.* Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021).**Tabla 25***Dimensiones biodigestor indio o de cúpula flotante*

Partes	Valores
Volumen del reactor	23.40 $\text{m}^3$
Volumen del Biogás	7,87 $\text{m}^3$
Volumen Total	31,27 $\text{m}^3$
Volumen útil	23,40 $\text{m}^3$
Diámetro útil	3 m
Altura útil	3,31 m
Altura real de la cámara de digestión	3,61 m
Volumen de la cámara de carga	0.77 $\text{m}^3$
Volumen de la cámara de descarga	0.32 $\text{m}^3$

*Nota.* Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021).

**Tabla 26***Dimensionamiento del gasómetro*

Partes	Valores
Diámetro inferior del gasómetro	2,90 m
Diámetro superior del gasómetro	3,10 m
Altura del gasómetro	1,04 m
Altura real del gasómetro	1,29 m
Pared divisoria	2,32 m
Caño guía	2,94 m

*Nota.* Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021).

Los parámetros más importantes son el volumen del biodigestor de  $31,27 \text{ m}^3$ , y la cantidad de biogás generado al día de  $7,87 \text{ m}^3$ .

**Biodigestor tubular:** se puede observar en las tablas 27, 28 y 29 lo siguiente: los parámetros utilizados para el cálculo, dimensiones del biodigestor y dimensiones de la zanja respectivamente.

**Tabla 27***Parámetros para el dimensionamiento Biodigestor Tubular*

Parámetros	Valores
Cantidad de estiércol producido al día	112,38 $\frac{\text{kg estiércol}}{\text{dia}}$
Promedio de estiércol por cerdo	7,49 kg de estiércol
Proporción de mezcla	337,14 $\frac{\text{kg agua}}{\text{dia}}$
Potencial de Biomasa	112,38 kg de estiércol
Carga diaria	0.45 $\frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$
Tiempo de retención	52 días
Volumen del reactor	23.40 $\text{m}^3$

*Nota.* Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021).



**Tabla 28***Dimensiones del Biodigestor Tubular*

<b>Partes</b>	<b>Valores</b>
Volumen del Biogás	7,80 $m^3$
Volumen Total	31,20 $m^3$
Producción diaria de biogás	22,97
Circunferencia de la manga de plástico	4 m
Radio de la manga	0,64 m
Diámetro de la manga	1,28 m
Sección eficaz	1,29 m
Volumen Total	10,29 $m^3$
Longitud	8 m

*Nota.* Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021).

**Tabla 29***Dimensión de la zanja de colocación*

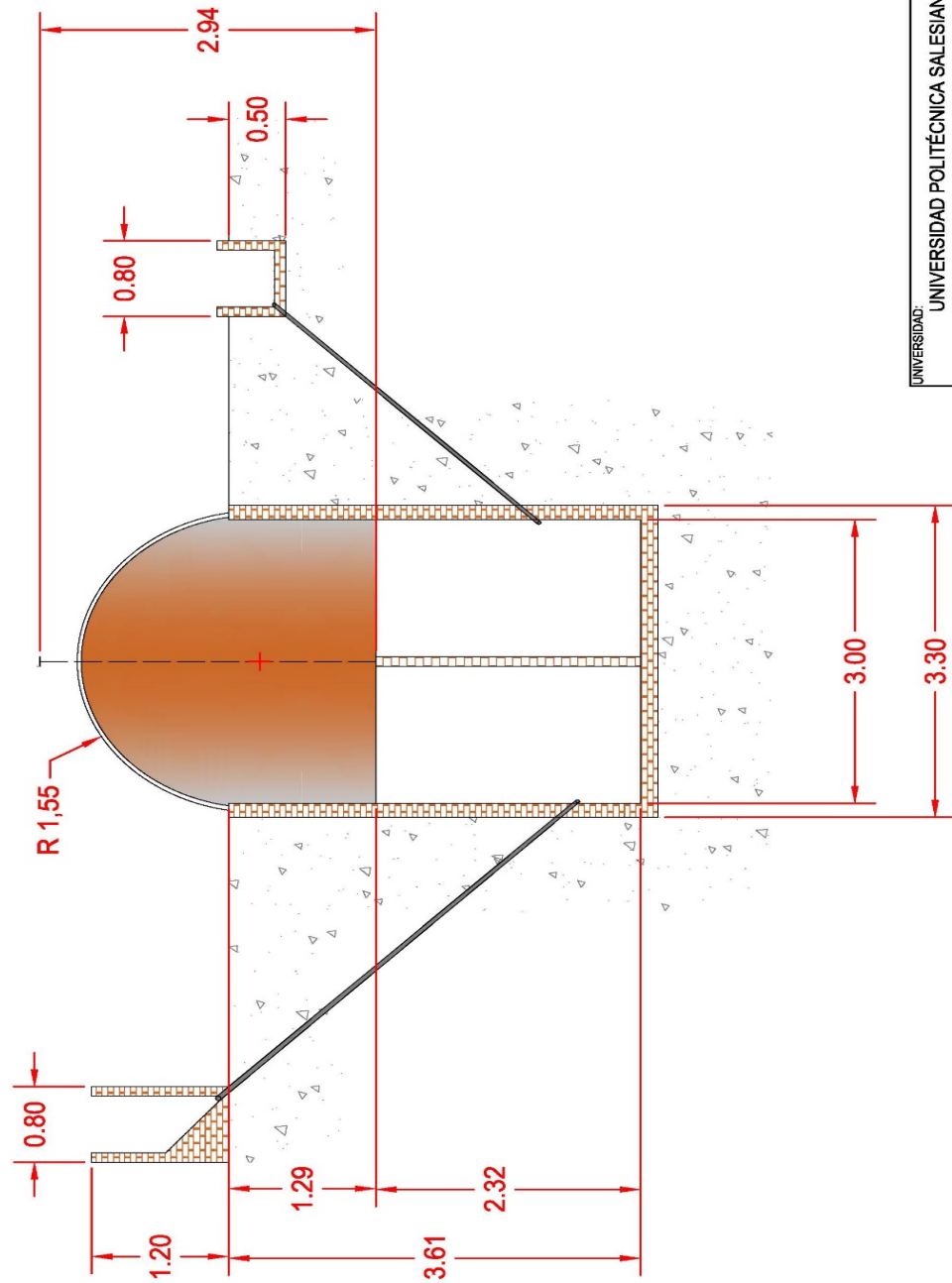
<b>Partes</b>	<b>Valores</b>
Base	0,67m
Altura	1m
Superficie	1,10m

*Nota.* Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021).

El volumen del biodigestor, será de 31, 20  $m^3$  y la cantidad de biogas generado al día de 7,80  $m^3$ .

**4.7.4 Planos****4.7.4.1 Planos Biodigestor de Indio o de Cúpula Flotante.**

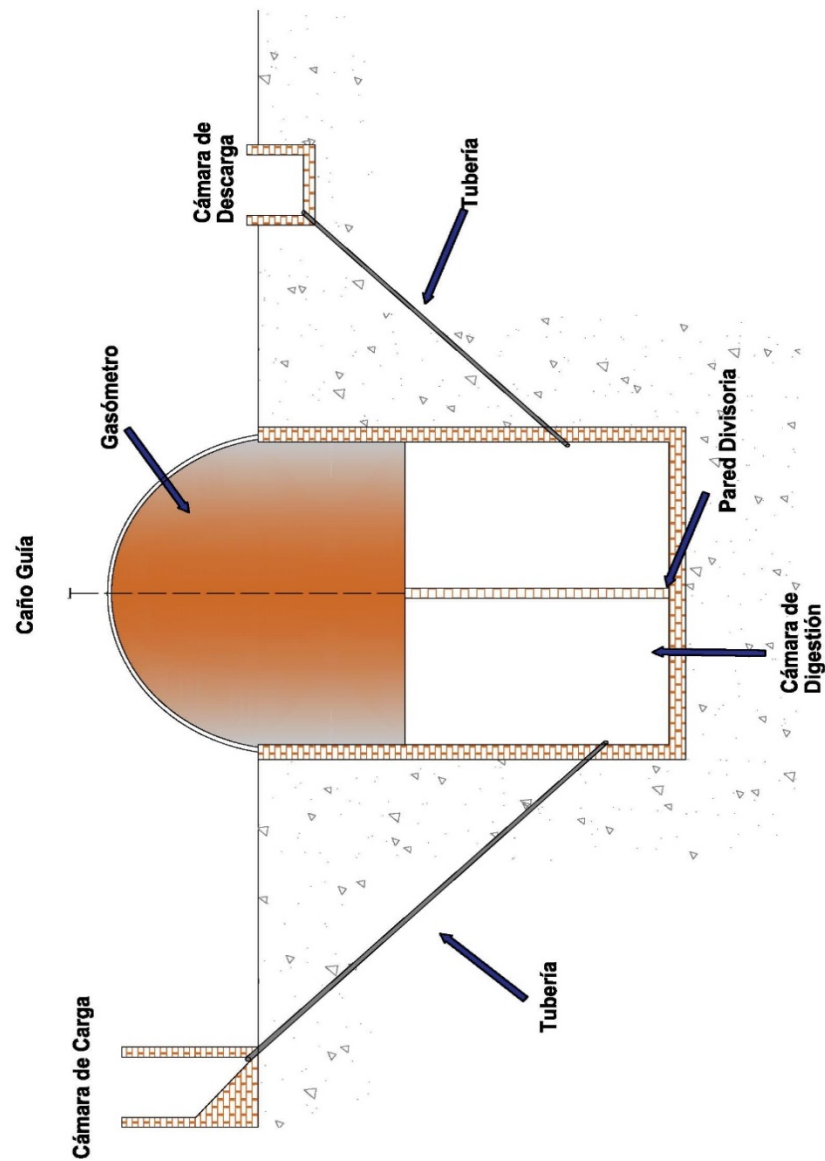
## VISTA LATERAL BIODIGESTOR CÚPULA FLOTANTE



UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA			
ESTUDIANTE: Paucar Isabel Salguero Danilo		CONTENIDO:	
LÁMINA: 1 de 1	ESCALA: 1:1	FECHA: 26-06-2021	

Nota. Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021).

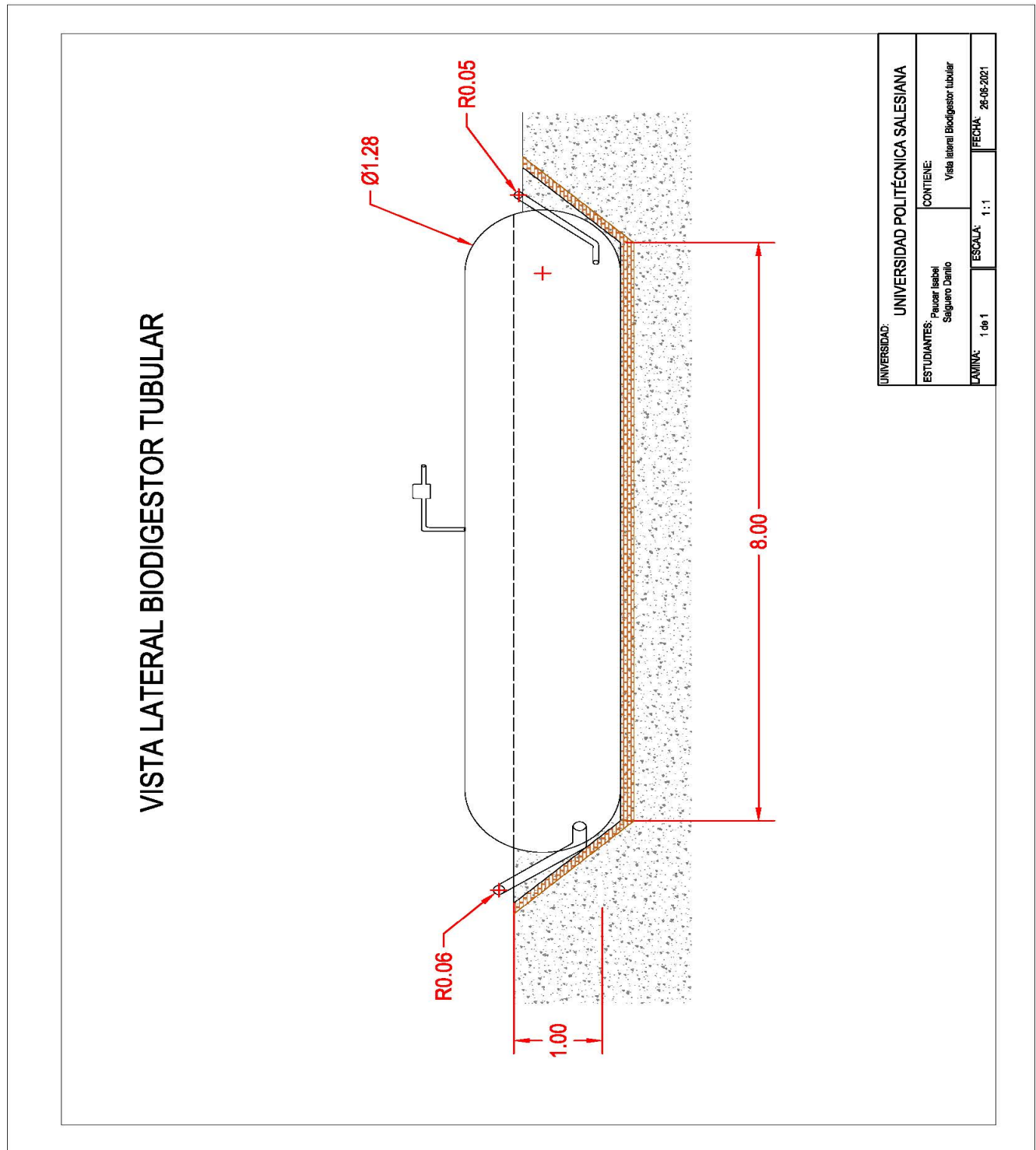
## BIODIGESTOR CÚPULA FLOTANTE



UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA			
ESTUDIANTE: Paucar Isabel Salguero Danilo		CONTIENE: Biodigestor cúpula flotante	
LÁMINA: 1 de 1	ESCALA: 1 : 1	FECHA: 28-06-2021	

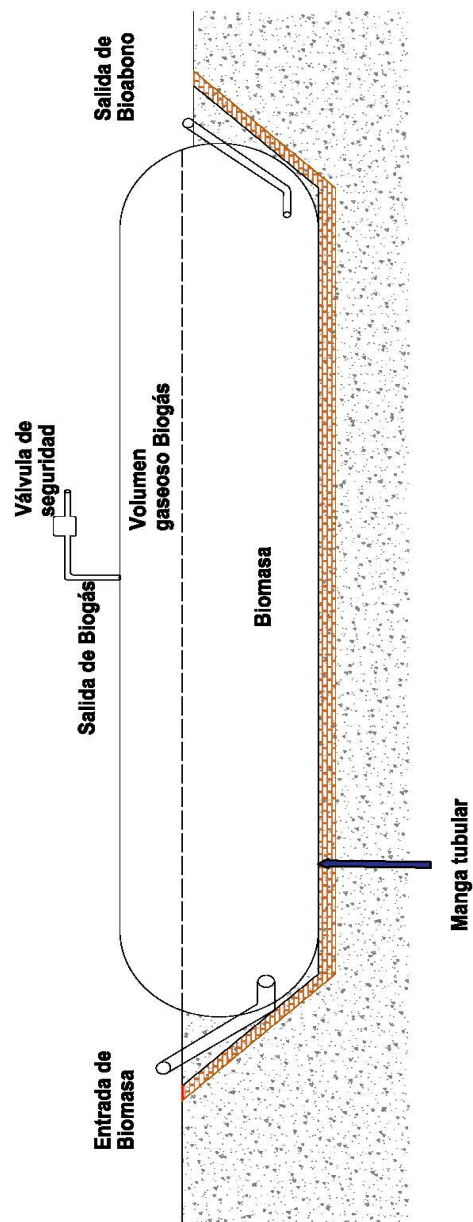
Nota. Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021).

#### 4.7.4.2 Planos Biodigestor Tubular.



*Nota.* Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021).

## BIODIGESTOR TUBULAR



UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA			
ESTUDIANTE: Paucar Isabel Salguero Danilo		CONTIENE: Biodigestor tubular	
LÁMINA: 1 de 1	ESCALA: 1 : 1	FECHA: 28-06-2021	

Nota. Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021).

Con las dimensiones calculadas en el apartado 4.7.3 se realizó los diseños y vistas respectivas en AutoCAD, se puede observar dos láminas en 2D por cada biodigestor, uno en el que constan las medidas y otra donde se observa las diferentes partes de cada biodigestor.

#### 4.7.5 Especificaciones Técnicas

Para las especificaciones técnicas se realizó la investigación de costos a nivel nacional de los materiales que pueden ser utilizados para la construcción de los dos biodigestores.

Los materiales recomendados se detallan en las tablas 30 y 31, de igual forma se coloca las cantidades aproximadas (no exactas) de acuerdo a las dimensiones calculadas, información obtenida con ayuda de profesionales en los servicios de construcción.

**Tabla 30**

*Materiales y costos de construcción de Biodigestor indio o de cúpula flotante*

<b>Materiales</b>	<b>Costo unitario [USD]</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo total [USD]</b>
Ladrillos de 25 X 12 X 6.5	0,40	2500	1000
Saco de arena	1,10	25	27,50
Cemento	8	15 quintales	120
Pintura anticorrosiva	8	1 galón	8
Barras de acero corrugado 3/8"	3	7 tiras de 9m	21
Tubo galvanizado 2 <sup>1/2</sup> "	4,50	7m	31,50
Tubo de barro de 6"	9	15 tubos	135
Plancha de acero de 1,5M de espesor de 3MM	15	12	180
<b>TOTAL</b>			<b>\$1523</b>

*Nota.* Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021).

**Tabla 31***Materiales y costos de construcción de Biodigestor tubular*

<b>Materiales</b>	<b>Costo unitario [USD]</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo total [USD]</b>
Tubos PVC DE 6"	6,40	4	25,60
Kit manguera y válvula	16	1	16
Cemento	8	8 quintales	64
Barras de acero corrugado 3/8"	3	7 m	21
Tubo galvanizado 1/2"	3,50	7m	24,50
Ladrillos	0,40	500	200
Manga tubular de 2m de ancho	520	1rollo	520
Accesorios PVC	50		50
Tubería de 1/2"	4,50	3	13,50
Arena fina	1,10	3 costales	3,30
<b>TOTAL</b>			<b>\$937,90</b>

*Nota.* Elaborado por: Paucar,I y Salguero,D.(2021).

Los materiales que se proponen para la construcción de acuerdo a la zona de estudio se adaptan con los propuestos por Calderón (2015) y Forget (2011), donde hacen énfasis en el diseño y construcción de biodigestores de tipo indio y tubular, para obtener como resultado biogás a partir de residuos orgánicos, aplicado en zonas Andinas.

Se puede determinar que los costos son accesibles para la construcción de cualquiera de los dos biodigestores en la zona rural, en comparación con otros de mayor dificultad de instalación y de adquisición de material, debido a su complejidad y rendimiento que se aleja del necesario para la granja.

#### **4.7.6 *Evaluación Socioeconómica***

Mediante los datos obtenidos gracias a las encuestas y conversaciones informales realizadas tanto a empleados como a la propietaria de la granja, se determinó que, la instalación de un biodigestor ofrecerá beneficios en la zona de estudio como: la generación de iluminación, calefacción en corrales, así como para el uso doméstico en la cocción de alimentos. Debido al déficit de energía en la zona y al alto gasto de adquisición de gas doméstico que supera los \$10 dólares mensuales.

En relación al costo de inversión para la instalación de alguno de los dos modelos propuestos, resulta rentable para la granja a largo plazo. De acuerdo a la información obtenida por parte de la propietaria, la granja contaría con un presupuesto de \$900 dólares para la construcción de uno de los dos biodigestores. Resultando viable la instalación si se usa material disponible en la granja y otros materiales reciclados.

#### **4.7.8 *Evaluación Ambiental***

Al ser la zona de estudio un lugar dedicado a la crianza y comercialización de ganado, se genera varios impactos ambientales, identificando dentro de los más importantes los siguientes.

Contaminación del suelo, por los tiempos prolongados de contacto del estiércol con el suelo, además del vertido constante de efluentes al recurso suelo y la contaminación atmosférica por la generación de fuertes olores provenientes de la zona de crianza de porcinos.

Por dichos motivos es ambientalmente recomendable la instalación de un biodigestor que aproveche el estiércol porcino que se genera a diario en la granja, logrando reducir los tiempos de contacto entre el suelo y el estiércol, así como la eliminación de olores y reducción de emanación de gases de efecto invernadero.



#### **4.7.9 Evaluación Socioeconómico y Ambiental del Biogás Frente al GLP.**

El impacto del uso de biogás a nivel socio-económico es positivo principalmente por la reducción de consumo del gas licuado del petróleo, como se evidencio en el apartado 4.4.2 los ingresos de la población rondan entre los 200 a 300 USD/mes, de estos ingresos se invierte más de 10 USD/mes para la adquisición de GLP, mismo que es distribuido en camiones, por su parte el uso de biogás para la generación de energía brinda una alternativa eficiente, su inversión mensual es mínima en comparación con la inversión que se necesita para la adquisición de GLP.

Espinoza (2014) menciona que en Latinoamérica la implementación de este tipo de tecnología en los últimos años ha ido en aumento.

Los beneficios ambientales son varios; la principal es la reducción de dependencia de combustibles de origen fósil, así como el desarrollo de tecnologías en zonas rurales, acceso a fuentes de energía más limpias (Tobares, 2012).

El uso de combustibles fósiles genera un alto impacto ambiental desde la captacion del crudo pasando por la refinacion del mismo y finalizando con la comercializacion del GLP, la generacion de gases de efecto invernadero esta presente en cada etapa, la perdida de biodiversidad por la perforacion de nuevos pozos de extraccion, los continuos derrames de crudo causan daños graves al suelo y aguas subterraneas, a su vez el GLP permanece por mas tiempo en el ambiente ya que es mas pesado que el aire (Calderón y Calderón, 2018).

## **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

De acuerdo al levantamiento de información de los recursos naturales encontrados en la granja “El limonar”, se identificó una pérdida acelerada de los ecosistemas por el progresivo avance de la agricultura, problemas de erosión y contaminación del suelo de la zona.

La identificación del nivel de ingreso, el estado ambiental, especificaciones técnicas y sobre todo la generación de biomasa, permite caracterizar la granja como principal fuente de insumo para alimentar biodigestores, y generar propuestas para diseñar e instalar este tipo de tecnología renovable acorde a la realidad encontrada.

Se analizó la importancia del sector ganadero, como fuente de bioinsumo para biodigestores, sistema agroecológico que trae consecuencias positivas para mitigar los problemas ambientales, y conservar o mejorar el uso sostenible de los sistemas ecológicos.

El desconocimiento del manejo de materia orgánica, como el del estiércol de cualquier animal, dificulta su aprovechamiento y generación de un ciclo cerrado de producción, que reutilice los mismos desechos como bioproductos dentro de la misma granja, lo que permite generar oferta de mano de obra, y sobre todo mejorar la parte económica, al aprovechar todo recurso generado.

De los diferentes tipos de biodigestores investigados, se concluye que, dos fueron identificados para el estudio de la propuesta de análisis. El biodigestor indio o de cúpula flotante y el biodigestor tubular, siendo los más adecuados para la zona de estudio, por ser los más económicos y de menos dificultad, tanto para su instalación como para su operación.

Se determinó que la instalación de un biodigestor en la granja es rentable, ya que la materia prima, estiércol porcino, se encuentra dentro de los parámetros establecidos en cuanto a la calidad y cantidad para producir una valor teórico de 7,80 m<sup>3</sup> de biogás al día, siendo la necesaria y

adecuada para la utilización de una de las siguientes necesidades: la cocción de alimentos, calefacción y generación de energía eléctrica, logrando suplir las necesidades del propietario de la granja y a su vez la reducción a largo plazo de los costos de adquisición de los mismos.

Por último, podemos decir que, el diseño e implementación de un biodigestor sea de cúpula flotante o tubular, contribuirían a la solución de problemas ambientales y socioeconómicos de la granja “El Limonar” del cantón Riobamba.

## **5.2 Recomendaciones**

Para un manejo adecuado de desechos sólidos y líquidos en la granja, es necesario contar con la ayuda de las autoridades competentes del país como el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, así como el GAD Parroquial.

Se recomienda tomar como base de estudio el presente trabajo, para una construcción e instalación a futuro de un biodigestor a partir de estiércol porcino, con el propósito de contar con procesos limpios en el manejo de ganado porcino.

Es esencial la presencia de un profesional en el proceso de análisis, diseño, construcción y capacitación en tema de biodigestores, con el fin de controlar algún tipo de fuga en la salida de biogás, ya que se puede ocasionar explosiones.

Se recomienda tomar en cuenta las siguientes medidas de seguridad para la implementación de un biodigestor:

El lugar destinado para la construcción debe estar alejado de la zona de corrales y viviendas, colocar un manómetro para controlar la presión del biogás, así como una válvula de seguridad, brindar un mantenimiento periódico a las instalaciones del biodigestor.

## **6 BIBLIOGRAFÍA**

- Abalco Farinango, E. (4 de Julio de 2013). *Elaboracion de un manual técnico de crianza y manejo de ganado porcino ( sus scrofadomesticus).Tumbaco, Pichincha*. Obtenido de Repositorio digital UCE: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1390>
- Abarca Parco , M. (04 de Enero de 2018). “*DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA REPRODUCTORAS PORCINAS EN ECUADOR*”. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8160/1/17T1527.pdf>
- Amaya Haro , E. (Diciembre de 2020). *Evaluar el efecto de tres balanceados y dos aditivos para la crianza de cerdos en la etapa de engorde*. Obtenido de Repositorio digital Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20689>
- Apolo, G. (Febrero de 2019). *Diseño y emplazamiento de un biodigestor para el aprovechamiento de biogas en la granja de explotación porcina "Mis tres Marías" Arenillas El Oro-Ecuador*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16989>
- Aragon, P. (2012). *Academica-e*. Obtenido de Academica-e: <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/6604>
- Arce Cabrera , J. (30 de Agosto de 2011). *Diseño de un biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicables en zonas agrarias del litoral*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1593/15/UPS-GT000209.pdf>
- Asamblea Nacional. (2019). *Ley Orgánica de Eficiencia Energética* . Recuperado el 15 de Junio de 2021, de <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf>

- Asociación de Porcicultores del Ecuador. (2012). *PRIMER CENSO PORCINO 2010*. Obtenido de <https://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/estadisticas/censo>
- AstroMía. (s.f.). *Meteorología y Climatología*. Obtenido de <https://www.astromia.com/tierraluna/meteorologia.htm>
- Avendaño, J., & Urbina, A. (noviembre de 2010). *Mag.Go*. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Q70-4056.pdf>
- Ayala, L., & Cadillo, J. (2020). Ciencias Agrarias. *Anales científicos*, 81(2), 278-457.
- Barzallo, L. (Abril de 2018). *Repositorio Universidad Central del Ecuador*. Obtenido de Diseño, construcción y estandarización operativa de biodigestor anaerobio para finca productora de leche: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15473>
- Bernal Patiño, L., & Suárez Ramírez, L. (2018). *DISEÑO CONCEPTUAL DE UN BIODIGESTOR PARTIENDO DE ESTIÉRCOL VACUNO Y AVÍCOLA, PRODUCIDO EN LA FINCA EL GUARUMAL, PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS*. Obtenido de Fundación Universidad de América: <http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/6844/1/6102531-2018-2-IQ.pdf>
- Biogas experts. (8 de Agosto de 2017). *Fases de digestión anaeróbica*. Obtenido de <https://www.aqualimpia.com/digestion-anaerobica/#:~:text=HIDROLISIS,m%C3%A1s%20cortas%2C%20obteni%C3%A9ndose%20productos%20intermedios.&text=La%20hidr%C3%B3lisis%20es%20por%20tanto,ya%20hay%20producci%C3%B3n%20de%20CO2>.
- Cabello, A., Sobrino, O., Herrera, T., & Alarcón, J. (2007). *Guía de las mejores técnicas disponibles para reducir el impacto ambiental de la ganadería*. Obtenido de Cooperativas agro-alimentarias : <http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/05547.pdf>

- Caicedo Gutierrez, M. (2014). *Análisis Agrosocioeconómico y ambiental, en la instalación, operación y ejecución de un biodigestor utilizando material orgánico ( estiércol de cerdo), para la generación y uso de biogás*. Obtenido de Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Economía Agrícola: <file:///C:/Users/Personal/Desktop/TESIS/bibliografia%20tesis/%E2%80%99CAN%C3%81LISIS%20AGROSOCIOECON%C3%93MICO%20Y%20AMBIENTAL,%20EN%20LA.pdf>
- Calderón, M., & Calderón , E. (2018). *Universidad Industrial de Santander*. Obtenido de Análisis ambiental comparativo del uso del gas licuado del petróleo como combustible sustituto del gas natural vehicular en colombia : <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/172349.pdf>
- Calderón, V. (2015). *DISEÑO DE UN BIODIGESTOR TUBULAR PARA OBTENER BIOGAS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEL GANADO VACUNO GENERADOS EN LA HACIENDA SANTA MÓNICA “GUAMOTE”*. Obtenido de DSpace ESPOCH: <https://core.ac.uk/download/pdf/234580024.pdf>
- Campabadal, C. (2010). *Guía Técnica para alimentación de cerdos*. Obtenido de <http://200.7.141.37/Sitio/Archivos/Guia%20tecnica%20para%20productores%20de%20cerdos.pdf>
- Canet, R., Ribó, M., Pomares, F., & Albiach, M. (Octubre de 2006). *Caracterización y potenciales impactos ambientales de las deyecciones ganaderas*. Obtenido de Conferencia sobre Gestión Integral de Deyecciones Ganaderas: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78034/Actas+Conferencia+Gestion+Deyecciones+Ganaderas+2006.pdf?sequence=1>

- Casas, J., Repullo, J., & Donado, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Aten Primaria*, 31(8), 527-538.
- Cepero, Valentina Savran, Blanco, Díaz, Suárez, & Palacios. (Abril-Junio de 2012). Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 4.
- Córdoba, D., & Tarco, R. (20 de Enero de 2011). *Diseño de un Biodigestor para el tratamiento de los residuos albañales generados en la residencia de la Universidad de Pinar del Río como una alternativa energética para el cocido de alimentos*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Cotopaxi: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/611>
- Cotán, S., & Arroyo, P. (Diciembre de 2007). *INERCO*. Obtenido de INERCO : <https://static.eoi.es/savia/documents/componente48148.pdf>
- Cruz, E. (Marzo de 2017). *Repositorio Universidad Nacional de San Agustín*. Obtenido de Diseño de un Bioreactor para Gerar Biogás a partir de Desechos Orgánicos de Animales en la Irrigación de Majes - Caylloma: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2997/Amcrtue.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cueva Navia, T., Arteaga, F., Hurtado, E., García, A., & Barba, C. (11 de Diciembre de 2018). *Nuevas estrategias para la mejora del sector porcino: sostenibilidad y bienestar animal*. Obtenido de VI Jornada Científica de la ESPAM MFL: [https://www.researchgate.net/publication/329566948\\_NUEVAS ESTRATEGIAS\\_PARA\\_LA\\_MEJORA\\_DEL\\_SECTOR\\_PORCINO\\_SOSTENIBILIDAD\\_Y\\_BIENESTAR\\_ANIMAL](https://www.researchgate.net/publication/329566948_NUEVAS ESTRATEGIAS_PARA_LA_MEJORA_DEL_SECTOR_PORCINO_SOSTENIBILIDAD_Y_BIENESTAR_ANIMAL)

- Espinoza Toapanta , D. (Mayo de 2012). *Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la crianza, engorde y faenamiento de cerdos en la parroquia de Pifo*. Obtenido de Repositorio digital UCE: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/488>
- Espinoza, B. (Mayo de 2014). *Repositorio Universidad Nacional de Perú*. Obtenido de "Beneficios del biogás capturado en un relleno sanitario, trasformando a energía en el marco del mecanismo de desarrollo limpio-MDL": <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3724/Espinoza%20Condori.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos* . Recuperado el 3 de agosto de 2021, de <http://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Forget, A. (16 de Junio de 2011). *Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares, con enfoque en biodigestores tubulares*. Obtenido de Astrid Forget- Energie, developpement durable.et autres!: <http://www.astridforget.com/wp-content/uploads/2015/01/Manual-t%C3%A9cnico-y-difusi%C3%B3n-AF-biodigestores-VF-110617.pdf>
- Fraume, N. J. (Enero de 2007). *Diccionario ambiental*. Obtenido de <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1232/1/Fraume-Diccionario%20ambiental.pdf>
- Fuentes López , A. F. (10 de Julio de 2013). *Diseño y construcción de un biodigestor con sistema automático para generación de biogás en la finca Tanguarín de la parroquia San Antonio de Ibarra*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte : <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1912>
- Fundación Hábitat. (2 de Abril de 2005). *Biodigestores una alternativa a la autosuficiencia energética y de biofertilizantes*. Obtenido de



- [https://www.academia.edu/8184562/Biodigestores\\_Una\\_alternativa\\_a\\_la\\_autosuficiencia\\_energ%C3%A9tica\\_y\\_de\\_biofertilizantes?auto=download](https://www.academia.edu/8184562/Biodigestores_Una_alternativa_a_la_autosuficiencia_energ%C3%A9tica_y_de_biofertilizantes?auto=download)
- Garcés, C. (1996). *Perfil de Riego*. Quito: [https://publications.iwmi.org/pdf/H\\_19017i.pdf](https://publications.iwmi.org/pdf/H_19017i.pdf).
- García , R., Alamo, M., & Marcelo, M. (17 de Noviembre de 2017). *Diseño de un Biodigestor Tubular para zonas rurales de la región de Piura*. Obtenido de [www.perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/García-Rafael\\_biodigestor.pdf](http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/García-Rafael_biodigestor.pdf)
- García Rodríguez , A., & Gómez Franco , J. (5 de Noviembre de 2016). *Evaluación de la producción de biogás a partir de residuos vegetales obtenidos en la central de abastos de Bogotá mediante digestión anaerobia (trabajo de grado)*. Obtenido de Repositorio institucional Universidad de América : <http://hdl.handle.net/20.500.11839/667>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cubijes. (s.f.). *BREVE HISTORIA DE LA PARROQUIA CUBIJES*. Obtenido de Asociación de Gobierno Parroquiales Rurales de Chimborazo : <http://cubijes.gob.ec/la-parroquia/historia.html>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Cubijes. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural de Cubijes*. Obtenido de <file:///C:/Users/Personal/Downloads/PD%20y%20OT,%20GAD%20Parroquial%20de%20Cubijes.pdf>
- Gobierno del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Recuperado el 04 de Diciembre de 2020, de <https://www.ambiente.gob.ec/>
- Gobierno Municipal del Cantón Riobamba. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Riobamba*. Obtenido de <file:///C:/Users/Personal/Downloads/PDOT%20Tomo%20I.pdf>

- Guevara Vera, A. (1996). *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales: producción de gas y saneamiento de efluentes*. Obtenido de <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/>
- Güilcapi Paredes, M. F., & Sangovalín Rojas, K. Y. (Marzo de 2019). *ESTUDIO DE LA LÍNEA BASE Y DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA PARA EL DISEÑO DEL OBSERVATORIO DEL PÁRAMO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA EN LA PARROQUIA OLMEDO*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17118/1/UPS%20-%20ST004065.pdf>
- Hernández, A. (Marzo de 2013). *El potencial de los biodigestores como técnica sostenible para la producción de biogás en la Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11799/58557>
- INAHMI. (09 de Junio de 2021). *Metereología e Hidrología*. Obtenido de <https://www.serviciometeorologico.gob.ec/informacion-en-linea/>
- INEC. (2008). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Recuperado el 15 de Mayo de 2021, de <https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/206>
- INEC. (2017). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2017*. Recuperado el 16 de Junio de 2021, de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf)

- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2000). *Bases de Datos – Censo Nacional Agropecuario 2000*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/>
- Intagri. (2019). *Evaluación de la Fertilidad del Suelo*. Recuperado el 25 de Junio de 2021, de <https://www.intagri.com/quienes-somos>
- Juste, I. (Septiembre de 2020). *Qué es la flora y fauna*. Obtenido de Ecología Verde : [https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-flora-y-fauna-1618.html#anchor\\_2](https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-flora-y-fauna-1618.html#anchor_2)
- Ledesma Bonilla, C. (2020). *Análisis de la administración de heces fermentadas de porcinos en el control de enfermedades intestinales del cerdo*. Obtenido de DSpace de la Universidad Técnica de Babahoyo: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8504/E-UTB-FACIAG-MVZ-000024.pdf?sequence=1#:~:text=Cerca%20del%2090%25%20de%20los,adem%C3%A1s%20de%20s%C3%B3lidos%20en%20suspensi%C3%B3n.>
- Ley Orgánica de Salud. (2015). *Ley 67 Registro Oficial Suplemento 423 de 22-dic.-2006. Ultima modificación: 18-dic.-2015*.
- Ludeña , B., & Vázquez, H. (2017). *Estudio de las posibilidades de uso de residuos forestales de la granja Irquis para la generación de energía eléctrica*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Cuenca: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28503/1/trabajo%20de%20titulacion.pdf>
- Maíz & Soya. (Junio de 2018). *Producción y consumo de cerdo en franco crecimiento*. Obtenido de <http://www.maizysoya.com/lector.php?id=20180606&tabla=articulos>

- Marchaim, U. (1992). *Biogas processes for sustainable development*. Roma:  
<https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=NLDRTXyp0IcC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Biogas+processes+for+sustainable+development&ots=jGRkdrmiIXP&sig=97aIxZ4adTKEfgJHZDbftZnn4aQ#v=onepage&q=Biogas%20processes%20for%20sustainable%20development&f=false>.
- Mariscal Landín, G. (2007). *Tratamiento excretas cerdos*. Obtenido de CENID Fisiología:  
[http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_porcina/00-produccion\\_porcina\\_general/63-excretas\\_cerdos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/63-excretas_cerdos.pdf)
- Martí Herrero, J. (2008). *Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación*. Bolivia:  
[https://drive.google.com/file/d/1o\\_EAWiXEwOR1NHWRgLWLpJU0IPTKmNMM/view](https://drive.google.com/file/d/1o_EAWiXEwOR1NHWRgLWLpJU0IPTKmNMM/view)  
 .
- Minerals and Agriculture. (2019). *El sodio (Na) en el suelo*. Recuperado el 4 de Agosto de 2021,  
 de [http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/eses/fertiliser/advisory\\_service/nutrients/sodium.html](http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/sodium.html)
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). *Resolución Ministerial Nro.007*. Recuperado el 15  
 de Junio de 2021, de [https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2019/01/resolucion\\_pac\\_2019\\_mag.pdf](https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2019/01/resolucion_pac_2019_mag.pdf)
- Ministerio del Ambiente. (12 de abril de 2017). *CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE*.  
 Recuperado el 3 de agosto de 2021, de [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf)
- Moreno, A. (2019). *CALIDAD DE ABONOS ORGÁNICOS A PARTIR DEL ESTIÉRCOL PORCINO Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ CHALA*". Obtenido de

Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria la Molina:  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3942>

Ninabanda Agualongo, J. (Febrero de 2012). *Alternativas de manejo de las excretas porcinas*.  
 Obtenido de DSpace ESPOCH:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2109/1/17T1107.pdf>

NRGI Broker. (6 de Junio de 2016). *¿Qué es la Línea Base Ambiental?* Obtenido de  
<https://nrgibroker.com/que-es-la-linea-base-ambiental/>

Oficina de Estudios y Políticas. (Marzo de 2009). *Estudio para la evaluación Socioeconomica y Ambiental de tres prototitos de biodigestores en predios de pequeños productores lecheros*.  
 Obtenido de Chile Potencia Alimentaria y Forestal:  
<file:///C:/Users/Personal/Desktop/TESIS/bibliografia%20tesis/EstudioBiodigestores.pdf>

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. (Marzo de 2009). *Estudio para la evaluación socioeconómica y ambiental de tres prototipos de biodigestores en predios de pequeños productores lecheros*. Obtenido de Ingeniería Alemana S.A.:  
<file:///C:/Users/Personal/Desktop/TESIS/bibliografia%20tesis/EstudioBiodigestores.pdf>

OIE. (2015). *Organización Mundial de Sanidad Animal Quinto Plan Estratégico: 2011- 2015*.

OMS. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. Recuperado el 25 de Junio de 2021, de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. (Noviembre de 2006). *Las repercusiones del ganado en el medio ambiente*. Recuperado el 22 de Mayo de 2021, de <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0612spl.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *Manual del biogás*.

[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/MINERGIA%20FAO%202011.%20Manual%20del%20biog%C3%A1s.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/MINERGIA%20FAO%202011.%20Manual%20del%20biog%C3%A1s.pdf).

Penz. (2000). *Efecto de la nutrición en la cantidad y en la calidad de los desechos de los cerdos*. México: FERMEX.

Peralta, A. (Noviembre de 2017). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA BIODIGESTOR PARA USUARIOS COMERCIALES EN LA REGIÓN PIURA*. Obtenido de  
de  
<file:///C:/Users/Personal/Desktop/TESIS/bibliografia%20tesis/ESTUDIO%20DE%20FACTIBILIDAD%20DE%20UN.pdf>

Peralta, C., & Barrios, P. (28 de Julio de 2012). *Proyecto de creación de una fundación para el manejo y tratamiento de los residuos sólidos reciclables*. Obtenido de Repositorio de ESPOL: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/21085>

Pereira Morales, C., Maycotte, C., Restrepo, B., Mauro, F., Calle, A., & Esther, M. (2011). *EDAFOLOGÍA* I.  
<https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>.

Pérez Espejo, R. (s.f. de s.f. de 1999). Porcicultura intensiva y medio ambiente en México. I(92).

Pérez, J., & Merino, M. (2009). *DEFINICIÓN DE FLORA*. Obtenido de Definición:  
<https://definicion.de/flora/>

Pons, J., Regada, I., & Fuentes, E. (25 de Noviembre de 2016). *La contaminación por purines: detección y tratamiento de los nitratos*. Obtenido de UABDivulga:

- <https://www.uab.cat/web/detalle-noticia/la-contaminacion-por-purines-deteccion-y-tratamiento-de-los-nitratos-1345680342040.html?noticiaid=1345714875649>
- Raffino, M. (Octubre de 2020). *Factores abióticos*. Obtenido de Concepto.de:  
<https://concepto.de/factores-abioticos/>
- Raffino, M. (Junio de 2021). *Hidrografía*. Obtenido de <https://concepto.de/hidrografia/>
- RCOA. (12 de junio de 2019). *REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE*. Recuperado el 3 de agosto de 2021, de <file:///C:/Users/Personal/Downloads/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>
- República del Ecuador Asamblea Nacional. (2014). *Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento*. Obtenido de [https://www.etapa.net.ec/Portals/0/TRANSPARENCIA/Literal-a2/LEY-ORGANICA-DE-RECURSOS-HIDRICOS\\_-USOS-Y-APROVECHAMIENTO-DEL-AGUA.pdf](https://www.etapa.net.ec/Portals/0/TRANSPARENCIA/Literal-a2/LEY-ORGANICA-DE-RECURSOS-HIDRICOS_-USOS-Y-APROVECHAMIENTO-DEL-AGUA.pdf)
- Rivas Solano, O., Faith Vargas, M., & Guillén Watson, R. (s.f. de Enero - Marzo de 2010). Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. *Tecnología en Marcha*, 23(1), 39-46.
- Samaniego Sarango, L. (2014). *Diagnóstico de la producción porcina en el cantón loja, provincia de loja*. Obtenido de Repositorio Digital - Universidad Nacional de Loja: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/6024>
- SEMARNAT y SAGARPA. (Enero de 2010). *Especificaciones Técnicas para el Diseño y Construcción de Biodigestores en México*. Obtenido de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD001057.pdf>

Smith, E., Monte, B., Manzanero, C., Basulto, J., & Estrella, Y. (29 de Mayo de 2013).

*Tratamiento de excretas de cerdo.* Obtenido de UADY:  
file:///C:/Users/Personal/Downloads/pdf-excreta-de-cerdos.pdf

This Is Ecuador. (13 de Enero de 2021). *Ecuador y sus 4 regiones*. Recuperado el 21 de Mayo de 2021, de <https://www.thisisecuador.com/blog/ecuador-y-sus-4-regiones-descubre-su-geografia/#:~:text=El%20Ecuador%20es%20un%20pa%C3%ADs,noreste%20de%20Am%C3%A9rica%20del%20Sur>.

Tobares, L. (Octubre de 2012). *Petrotecnia*. Obtenido de La importancia y el futuro del biogás en la Argentina:  
[http://www.petrotecnia.com.ar/1\\_2013/Petrotecnia/PdfsSinPublic/LaImportancia.pdf](http://www.petrotecnia.com.ar/1_2013/Petrotecnia/PdfsSinPublic/LaImportancia.pdf)

TULSMA. (2015). *Libro VI Anexo I*. Recuperado el 15 de Junio de 2021, de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>




Universo Porcino. (2005). *Beneficios en el uso de Biodigestores*. Obtenido de [http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/internacionales\\_porcinas\\_01-2011\\_beneficios\\_en\\_el\\_uso\\_de\\_biodigestores.html](http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/internacionales_porcinas_01-2011_beneficios_en_el_uso_de_biodigestores.html)

Vera Torrejón, J., & Caicedo, P. (2015). *El Impacto Ambiental Negativo y su Evaluación Antes, Durante y Después del Desarrollo de Actividades Productivas*. Obtenido de Derecho & Sociedad 42 :  
<http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoysociedad/article/view/12478/13040>



## 7 ANEXOS

### 7.1 Anexo 1. Registro Fotográfico

<p>1. Acequia al ingreso de la granja</p> 	<p>2. Ingreso a la granja</p> 
<p>3. Propietaria de la granja</p> 	<p>4. Corrales de porcinos</p> 
<p>5. Porcinos</p> 	<p>6. Recolección de estiércol</p> 

7. Vertidos



8. Absorción por el suelo



9. Zona de cultivos frutales




10. Crianza de animales domésticos




## 7.2 Anexo 2. Fichas de Levantamiento de Información de Fauna y Flora

### 7.2.1 Ficha Levantamiento Componente Biótico Flora

 <b>FICHA LEVANTAMIENTO COMPONENTE BIÓTICO FLORA</b>		Ubicación Geográfica UTM			Fecha de elaboración			Responsables		
Latitud:	Longitud:	Día	Mes	Año	Paucar Isabel Salguero Danilo					
- 1.6483916667	- 78.59156666 7	5	06	2021						
<b>Cantón:</b> Riobamba										
<b>Parroquia:</b> Cubijes										
Especie	Nombre Científico	Tipo de Flora								
		Arborea	Arbustiva	Herbácea	Alimentación	Alimentación sp.	Alimentación Sp. Menores	Medicinal	Leña	Construcción
Cola de caballo	<i>Equisetum myriochaetum</i>			X				X		
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>			X		X	X			
Caballo chupa	<i>Equisetum myriochaetum</i>			X				X		
Cabuya negra	<i>Agave americana</i>		X			X				
Capulí	<i>Prunus serotina</i>	X			X					
Cardo santo	<i>Argemone mexicana</i>			X				X		
Carrizo	<i>Arundo donax</i>			X					X	
Chilca	<i>Baccharis sp.</i>		X				X			

Diente de león	<i>Taraxacum officinalis</i>			X				X		
Guarango	<i>Caesalpinia spinosa</i>	X							X	
Kicuyo	<i>Penicetum clandestino</i>			X		X	X			
Limón	<i>Citrus limonumrisso</i>	X			X					
Maíz	<i>Zea mayz</i>			X	X					
Paja	<i>Corteria dioica spreng</i>			X		X				
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>			X						
Sigze	<i>Cortadeira orbiculata</i>			X		X				
Número total de especies reportadas		Arborea	Arbustiva	Herbácea	Alimentación	Alimentación	Alimentación Sp. Menores	Medicinal	Leña	Construcción
		3	2	11	3	5	3	4	2	0

### 7.2.2 Ficha Levantamiento Componente Biótico Fauna

 <b>FICHA LEVANTAMIENTO COMPONENTE BIÓTICO FAUNA</b>										
Ubicación Geográfica UTM		Fecha de elaboración			Responsables					
Latitud:	Longitud:	Día	Mes	Año						
- 1.648391666 7	- 78.59156666 7	5	06	2021	Paucar Isabel Salguero Danilo					
Cantón: Riobamba										
Parroquia: Cubijes										
Especie	Nombre Científico	Tipo				Usos			Abundancia	
		Mamíferos	Aves	Reptiles	Anfibios	Alimentación	Medicinal	Otro	Frecuente	Infrecuente
Conejos silvestres	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	X				X		X		X
Mirlo café	<i>Turdus chiguanco</i>		X						X	
Mirlo grande	<i>Turdus fuscater</i>		X						X	
Quilico	<i>Falco sparverius</i>		X							X
Gorrión	<i>Zonotrichia capensis</i>		X						X	
Huiracchuro amarillo	<i>Pheucticus chrysogaster</i>		X							X
Jilguero común	<i>Carduelis magellanica</i>		X							X
Tórtolas	<i>Zenaida auriculata</i>		X						X	



Gorrión	<i>Passer domesticus</i>		X						X	
Lagartija café	<i>Proctoporus unicolor</i>			X						X
<b>Número total de especies reportadas</b>		<b>1</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>					

### 7.3 Anexo 3. Plantilla de la Encuesta

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b> </div>						
<b>TEMA DE TRABAJO DE GRADO:</b> “Evaluación técnica, socioeconómica y ambiental de dos prototipos de biodigestores a partir de estiércol porcino en la zona agrícola de la granja "El Limonar" ubicada en la Parroquia de Cubijies, Cantón Riobamba.”						
N° encuesta:		Fecha:		dd	mm	Aa
<b>ENCUESTA SOCIOECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA PARROQUIA “CUBIJIES”</b>						
<b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</b>			<b>INFORMACIÓN GENERAL DE LA PERSONA ENCUESTADA</b>			
<b>Coordenadas:</b>			<b>Edad:</b> 20- 34 ( ) 35-50 ( ) 51- 64 ( ) > 65 años ( )			
Este	Norte	Altitud	<b>Género:</b> Masculino ( ) Femenino ( )			
			<b>Estado civil:</b> Casado ( ) Soltero ( ) Viudo( ) Unión libre ( )			
			<b>Lugar de nacimiento:</b> Cantón Riobamba ( ) otros ( ) <b>¿Donde?</b>			
<b>Lugar (Parroquia, recinto, caserío, barrio):</b>			<b>Tiempo de residencia en la parroquia:</b> < 2 años ( ) 2 -9 años ( ) > 10 años ( )			

		<b>Número de integrantes de su familia:</b> (   ) hab	
		<b>Nivel de educación:</b> Primaria (   ) Secundaria (   ) Superior (   ) No posee ninguna instrucción (   )	
<b>INFORMACIÓN SOCIOECONÓMICA</b>			
<b>Actualmente cuenta con trabajo:</b>		Si (   )	No (   )
<b>Usted es:</b>	Trabajador autónomo (   )	Trabajador asalariado - afiliado (   )	
	Asalariado temporal (   )		
		Otros (   ) <b>Respuesta:</b> _____	
<b>¿Cuenta con un Seguro Social?</b>		Si (   )	No (   )
<b>¿ Con qué tipo de Seguro Social cuenta?</b>		IESS (   )	Seguro campesino (   )
		Privado (   )	
		Otros (   ) <b>¿Cuál?</b> _____	
<b>Ocupación principal:</b>	Agricultura (   )	Crianza de animales domésticos (   )	
	Agropecuaria (   )		
	Construcción (   )	Industria (   )	Comercio (   )
		Otros (   ) <b>¿Cuál?</b> _____	
<b>¿La actividad de crianza animal es una fuente de ingreso económico para su familia?</b>		Si (   )	No (   )
<b>¿Cuál es su nivel de ingresos mensuales?</b>		Menos de \$100,00 (   )	
		\$100,00 - \$200,00 (   )	
		\$200,00 - \$300,00 (   )	
		\$300,00 - \$400,00 (   )	
		\$400,00 - \$500,00 (   )	
		\$500,00 en adelante (   )	
<b>La propiedad en la que vive es:</b>	Propia (   )	Arrendada (   )	Prestada (   )
<b>¿La propiedad cuenta con terreno?</b>	Si (   )		No (   )

<b>De ser (Si) la respuesta anterior. ¿Cuál es el número de hectáreas?</b>		<5ha ( )	5-20ha ( )	20- 44ha ( )	> o = 50ha ( )
<b>¿Con qué servicios básicos cuenta?</b>		Energía eléctrica ( )		Agua potable ( )	Internet ( )
		Teléfono fijo ( )		Alcantarillado ( )	Ninguno ( )
<b>¿Qué medios utiliza para cocinar sus alimentos?</b>		Gas ( )	Leña ( )	Carbón ( )	Otro ( )
<b>¿Cuándo necesita gas doméstico en donde lo adquiere?</b>			Dentro del parroquia ( )		Fuera de la parroquia ( )
<b>¿Cuánto gasta mensualmente en gas?</b>		> a \$ 6,00 ( )	\$ 6,00 ( )	\$ 8,00 ( )	< o = a \$ 10,00 ( )
<b>INFORMACIÓN AMBIENTAL</b>					
<b>¿ Qué tipo de animales crían?</b>		Ganado vacuno o bovino ( )		Ganado porcino ( )	Ganado ovino ( )
		Ganado equino ( )		Ganado aviar ( )	Otros ( ) <b>¿Cuál?</b> _____
<b>¿Número de cabezas de ganado porcino?</b>		( ) cabezas			
<b>¿ Cuánto tiempo al día le dedica a la crianza de cerdos?</b>		( ) min		( ) hr	
<b>¿Qué tipo de alimentación utiliza para el ganado porcino?</b>		Balanceado ( )		Concentrado ( )	
		Desperdicios de cocina ( )		Otros ( ) <b>¿Cuál?</b> _____	
<b>¿ En qué recipiente coloca el estiércol porcino?</b>		Tachos ( )		Costales ( )	
		En la tierra ( aire libre) ( )		Otros ( ) <b>¿Cuál?</b> _____ _____	



¿ Cuánto tiempo está el estiércol en contacto con el suelo?	( ) minutos		( ) horas
	( ) días		( ) semanas
¿Tiene un espacio en su terreno donde cultiva (siembra)?	Si ( )		No ( )
¿Qué tipo de abono utiliza para sus cultivos?	Estiércol ( )	Compost ( )	Turba ( )
	Gallinaza ( )	Restos de cosecha ( )	Fertilizantes químicos ( ) ¿Cuál? _____
¿En comparación de años anteriores nota usted qué existe variación del clima de su parroquia?	Si ( )		No ( )
¿Cree usted que la ganadería y agricultura genera contaminación al aire?	Si ( )		No ( )
¿De dónde proviene el agua que se utiliza para la limpieza de los corales de los animales?	Agua de riego ( )	Agua potable ( )	acequias ( )
	Cisternas de almacenamiento ( )		Agua Lluvia ( )
	Otros ( ) ¿Cuál? _____		
Para la limpieza de los corales usa el agua, mediante:	Manguera:( ) min	Baldes: ( ) units	
	Otros ( ) ; ¿Cuál? _____		
¿Usted conoce a dónde va el agua utilizada?	Si ( ) Lugar: _____		No ( )
¿Para usted que tan importante es el cuidado del medio natural de su parroquia ?	Alto ( )	Medio ( )	Bajo ( )
¿Conoce usted alguna iniciativa o actividad para ahorrar el agua?	Si( ) ¿Cuál? _____		No ( )


<b>¿Ha oído hablar sobre la contaminación ambiental?</b>	Si (    ); <b>Por ejemplo:</b> _____		No (    )
<b>¿Usted cree que la actividad ganadera produce daño ambiental?</b>	Si (    ); <b>¿Por qué?</b> _____		No (    )
<b>¿Conoce sobre las actividades de cuidado del medio ambiente que realiza el GAD Parroquial?</b>	Si (    ); <b>¿Cuál?</b> _____		No (    )
<b>¿Cuándo requiere información del GAD parroquial le llega por?</b>	Prensa (    )	Grupo colectivo (    )	Radio (    )
	Televisión (    )	No recibe información (    )	
	Otros (    ); <b>¿Cuál?</b> _____		
<b>¿Pertenece o colabora con algún grupo colectivo?</b>	Grupo político (    )	Asociación vecinal (    )	
	Asociación agraria (    )	Asociación religiosa (    )	
	Asociación cultural (    )	Otros (    ); <b>¿Cuál?</b> _____	
	Ninguno (    )		
<b>¿Ha escuchado hablar de los biodigestores generadores de combustible a partir de estiércol?</b>	Si (    ) <b>¿Cómo por ejemplo?</b> _____		No (    )
<b>¿Cómo califica la idea de instalar un Biodigestor que provea de gas doméstico?</b>	Muy buena idea (    ) <b>¿Por qué?</b> _____	Buena Idea (    ) <b>¿Por qué?</b> _____	Mala idea (    ) <b>¿Por qué?</b> _____
<b>¿Estaría dispuesto a formar parte de un grupo de trabajo que construya un Biodigestor que provea gas doméstico?</b>	Si (    ) <b>¿Por qué?</b> _____		No (    ) <b>¿Por qué?</b> _____

## 7.4 Anexo 4. Localización del Área de Estudio




*Nota.* Elaborado: Paucar.I y Salguero.D. (2021).

## 7.5 Anexo 5. Informe de Resultados Edafológicos de Suelo No Intervenido



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA**  
ECUADOR



**SALESIANOS  
DON BOSCO**

**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA**

**Cliente:** ROBINSON DANILO SALGUERO BALDES

**Dirección:** Francisco de San Miguel

**Contacto:** Robinson Salguero

**Cantidad de muestras:** 1

**Fecha de ingreso:** junio 7, 2021

**Matriz:** suelo

**Tel/Cel.:** (+593) 098 733 5217

**E-mail:** rsalguero@est.ups.edu.ec

**Nº de Informe:** 21 324

**Fecha Emisión:** junio 21, 2021

**Fecha de Análisis:** junio 7 al 16, 2021

**INFORME DE RESULTADOS**

Identificación de Usuario	Unidad	GRANJA EL LIMONAR SUELO NO INTERVENIDO LSA21 433	NIVELES SUFICIENTES (*)	MÉTODO DE VALORACIÓN
Potencial Hidrógeno	U pH	8,29	6,5 - 6,9	SM. 4500-H+ A y 4500-H+ 8
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0,48	0,5 - 1,49	ELECTRÓNICO MYRON
Materia Orgánica	%	0,64	3,3 - 4,8	WALKLEY-BACK
Nitratos	mg/L (NO3)	1,90	29,0 - 112,0	SM 4500-NO3: C
Fósforo	ppm (P)	4,38	16,0 - 80,0	SM 4500-P: E
Potasio	meq/100 mL (K)	1,18	2,0 - 3,1	SM 4500-P: E
Calcio	meq/100 mL (Ca)	6,81	5,2 - 10,0	SM 3111-B
Magnesio	meq/100 mL (Mg)	4,03	3,1 - 5,1	SM 3111-B
Sodio	meq/100 mL (Na)	0,91	< 2, 0	SM 3111-B
Capacidad de Intercambio Catiónico	meq/100 mL (CIC)	12,92	11, 0 - 280,0	SM 3111-B (CÁLCULO)
Hierro	ppm (Fe)	7,11	9,1 - 12,0	SM 3111-B
Cobre	ppm (Cu)	2,59	0,8 - 1,2	SM 3111-B
Manganeso	ppm (Mn)	1,58	7,1 - 12,0	SM 3111-B
Zinc	ppm (Zn)	0,43	4,1 - 9,5	SM 3111-B
Arena	(%)	70	N.A.	PIPETA ROBINSON
Limo	(%)	28	N.A.	PIPETA ROBINSON
Arcilla	(%)	2	N.A.	PIPETA ROBINSON

**DATOS ADICIONALES:**

U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centímetro; %: porcentaje; meq/100 mL: miliequivalentes cada cien mililitros; mg/L: miligramos por litro; ppm: partes por millón

\*: para el cultivo de rosas- según Intagri, 2016; N.A.: no aplica;

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22h Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "APHA";

[3] Agua destilada: pH, conductividad eléctrica, relación agua-suelo (1:2)

**Observaciones**

Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el CLIENTE;

Ing. Agr. Orlando Gualavisi  
Técnico de Suelos y Agua

**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA**

Cayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 (2) 3962946 / 3962800 ext. 2504-2534.  
Correo electrónico: ogualavisi@ups.edu.ec / bioagrolab@ups.edu.ec

## 7.6 Anexo 6. Informe de Resultados de Calidad de Agua

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

Pág. 1 de 1

**Cliente:** ROBINSON DANILO SALGUERO BALDES

**Dirección:** Francisco de San Miguel

**Contacto:** Robinson Salguero

**Tel/Cel.:** (+593) 098 733 5217

**E-mail:** [rsalguero@est.ups.edu.ec](mailto:rsalguero@est.ups.edu.ec)

**Cantidad de muestras:** 1

**Nº de Informe:** 21 322

**Fecha de ingreso:** junio 7, 2021

**Fecha Emisión:** junio 18, 2021

**Matriz:** agua

**Fecha de Análisis:** junio 7 al 11, 2021

INFORME DE RESULTADOS

Identificación de Usuario	Unidad	AGUA DE LA GRANJA POZO	MÉTODO DE VALORACIÓN
Código de laboratorio		LSA21 438	
Parámetros			
Temperatura	°C	12,80	ELECTRÓNICO HANNA
Potencial de Hidrógeno	U pH	7,82	SM. 4500-H+ A y 4500-H+ 8
Conductividad Eléctrica	mS/cm	1,11	ELECTRÓNICO MYRON
Turbidez	UTN	1,65	SM 2130: B
Cloro Residual	mg/L (Cl)	< 0,03	SM. 2320 -HCO3
Fosfatos	mg/L (PO3)	< 1,00	SM 4500-P: E
Nitratos	mg/L (NO3)	2,59	SM 4500-NO3: C
Azufre	mg/L (S)	121,23	SM 4500-SO4: E
Relación Absorción Sodio	meq/L (RAS)	2,04	SM 3111-B (CÁLCULO)
Dureza Total	mg/L (CaCO3)	368,01	SM 3111-B
Calcio	mg/L (Ca)	54,96	SM 3111-B
Magnesio	mg/L (Mg)	56,04	SM 3111-B
Sodio	mg/L (Na)	90,20	SM 3111-B
Hierro	mg/L (Fe)	0,04	SM 3111-B
Cobre	mg/L (Cu)	0,07	SM 3111-B
Manganeso	mg/L (Mn)	< 0,05	SM 3111-B
Zinc	mg/L (Zn)	< 0,05	SM 3111-B
Boro	mg/L (B)	0,27	SM 4500-B: B
Coliformes Totales	NMP/100mL	910	SM 9222-D
Coliformes fecales	NMP/100mL	10	SM 9222-D

DATOS ADICIONALES:

U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centímetro; UTN: unidad nefelométrica de turbidez; mg/L: miligramos por litro; NMP/100mL: número más probable de colonias en cien mililitros de muestra;

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "APHA";

Observaciones

Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el CLIENTE;

Ing. Agr. Orlando Gualavisi  
Técnico de Suelos y Agua

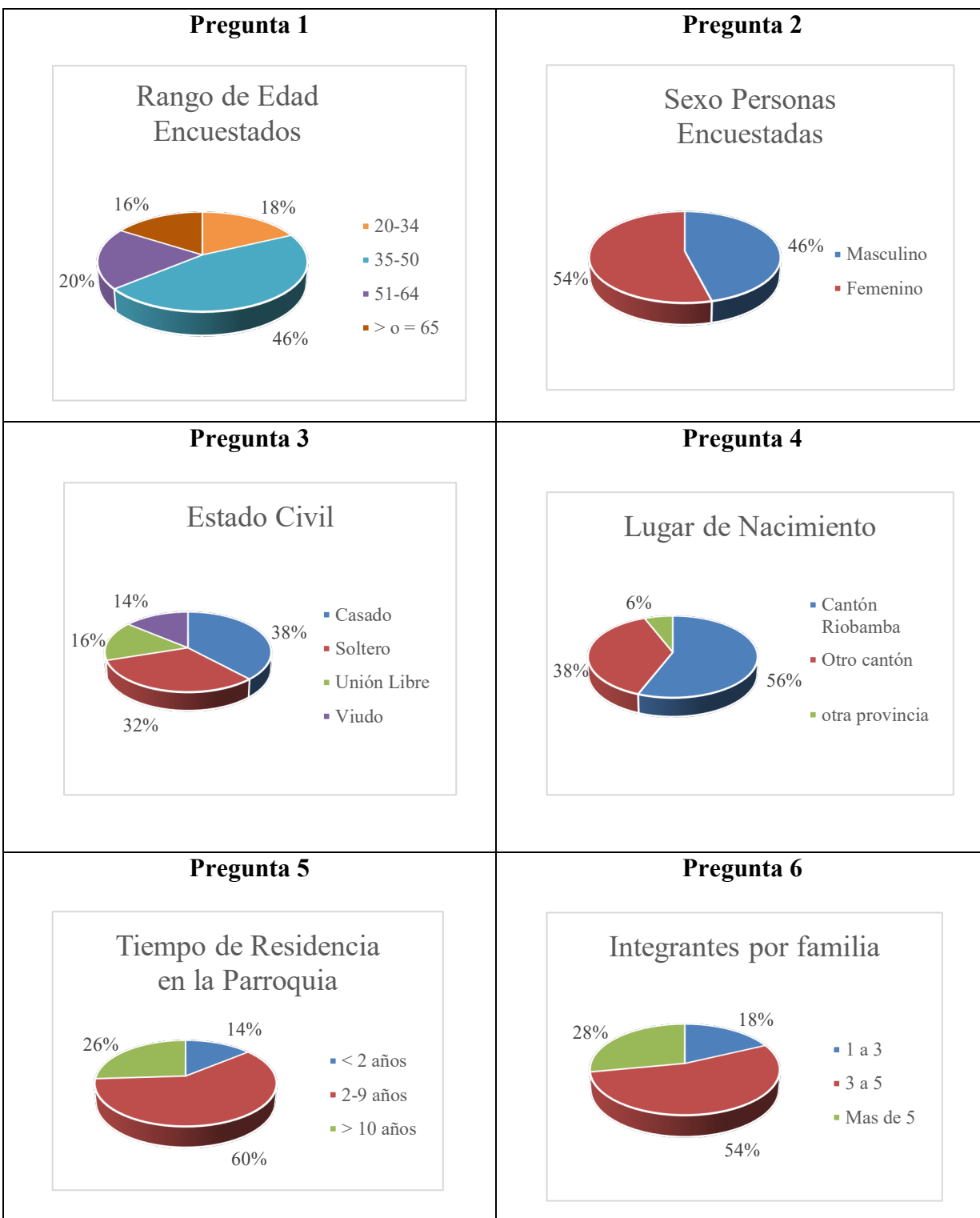
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

Cayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 (02) 3962946 / 3962800 ext. 2504-2534.  
Correo electrónico: [ogualavisi@ups.edu.ec](mailto:ogualavisi@ups.edu.ec) / [bioagrolab@ups.edu.ec](mailto:bioagrolab@ups.edu.ec)

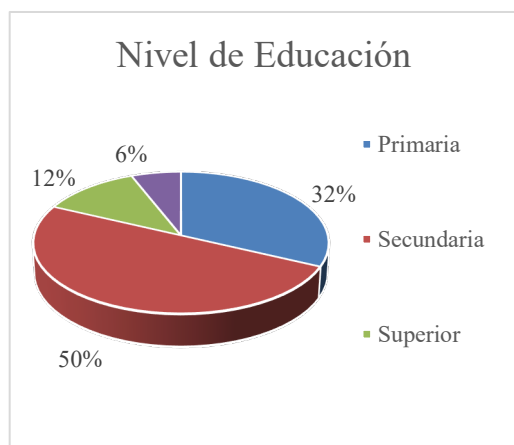


## 7.7 Anexo 7. Gráficas de Resultados de Encuestas

### 7.7.1 Información general



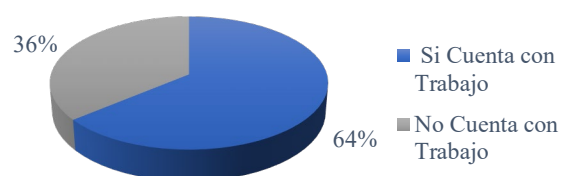
### Pregunta 7



### 7.7.2 Nivel Socioeconómico

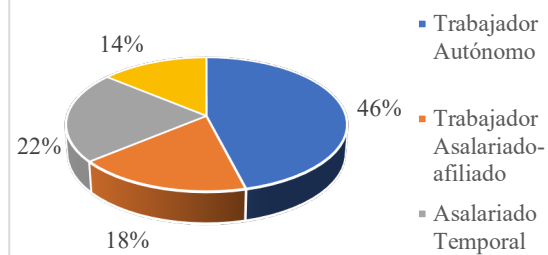
#### Pregunta 8

##### Población con Trabajo



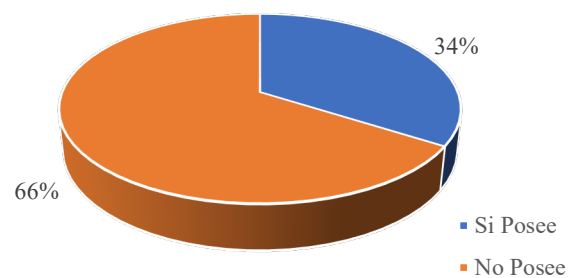
#### Pregunta 9

##### Tipo de Trabajo



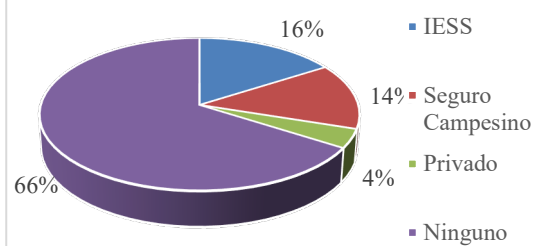
#### Pregunta 10

##### Seguridad Social



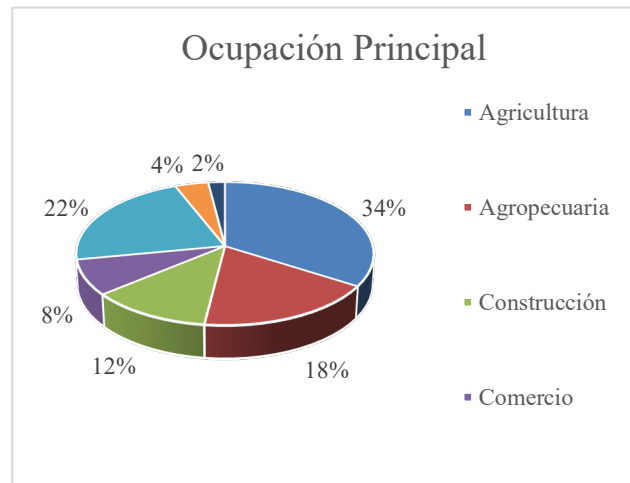
#### Pregunta 11

##### Tipo de Seguro Social



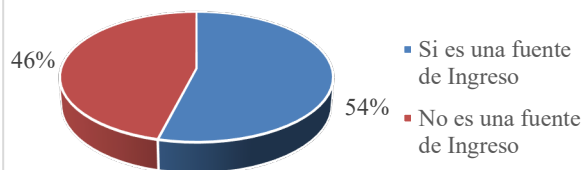
--	--

### Pregunta 12



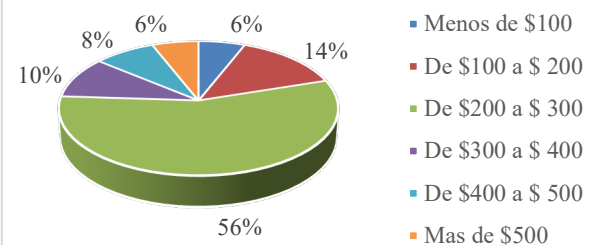
### Pregunta 13

La Crianza de animales es un fuente de ingreso



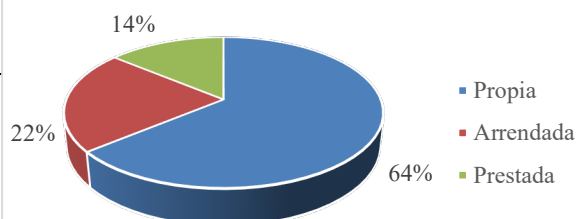
### Pregunta 14

Ingresos Mensuales



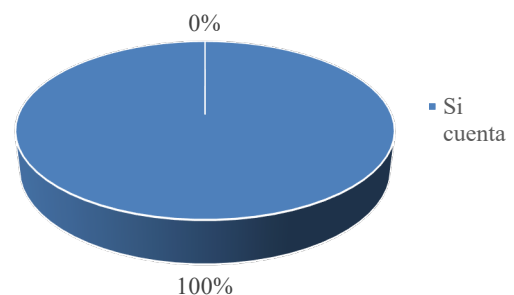
### Pregunta 15

Tipo de vivienda

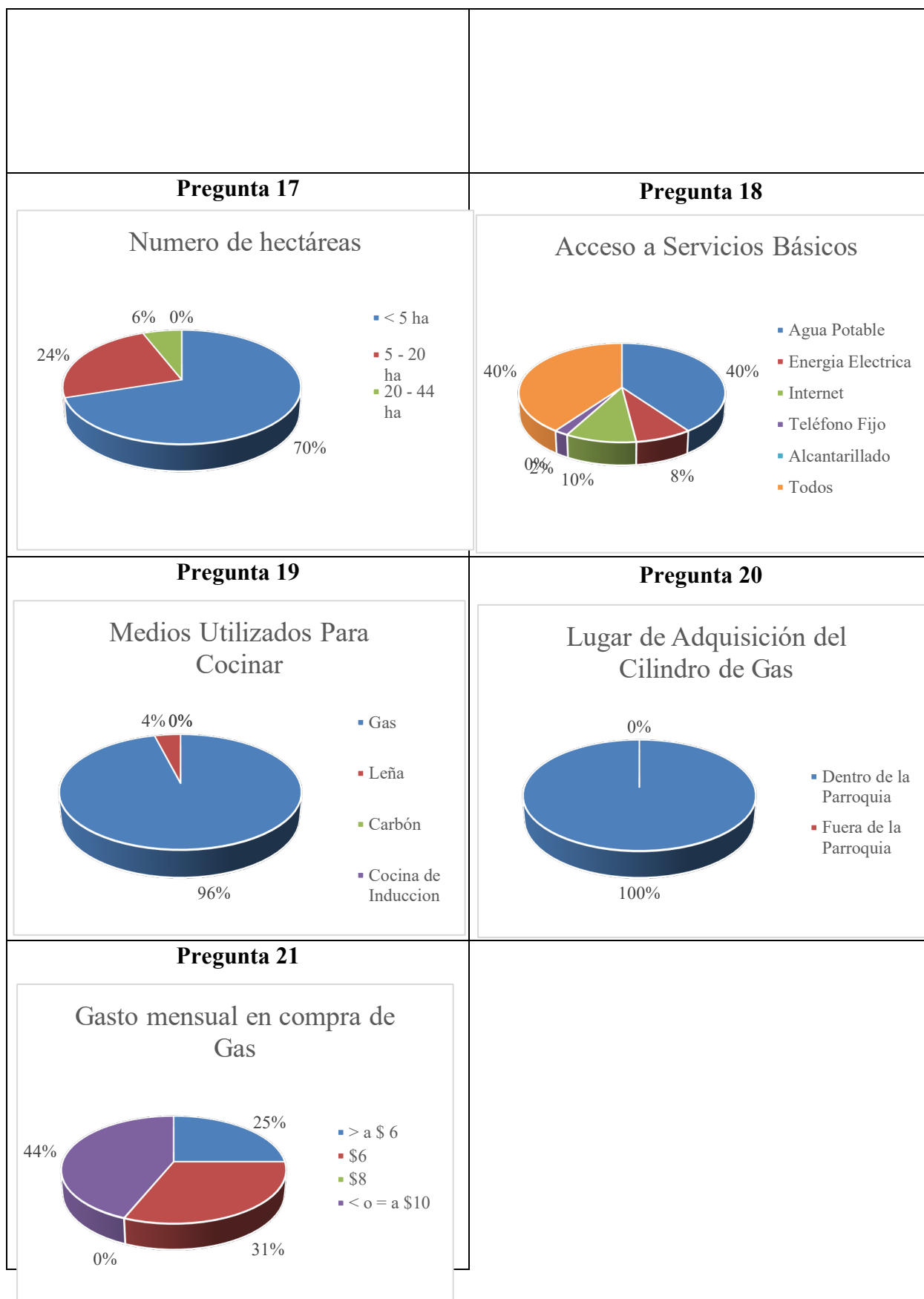


### Pregunta 16

La vivienda cuenta con terreno

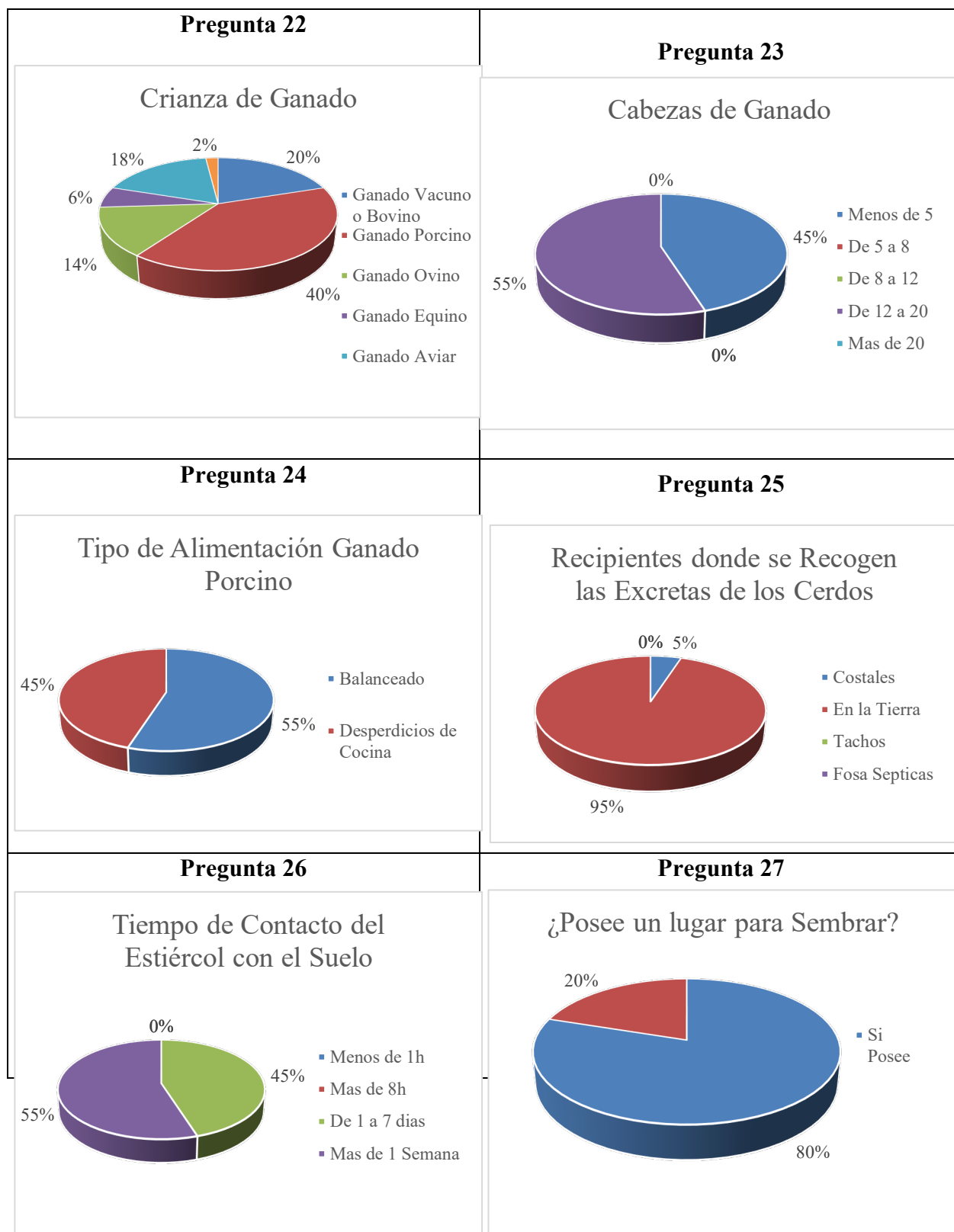






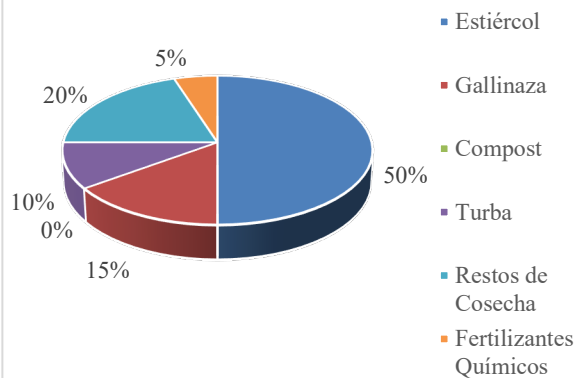


### 7.7.3 Nivel Ambiental



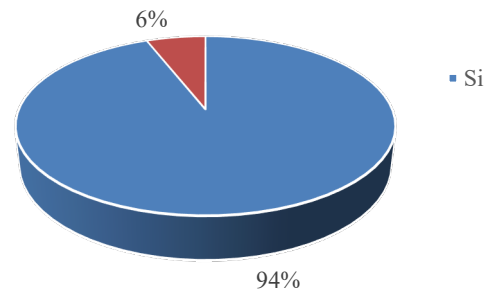
**Pregunta 28**

Abono utilizado para el cultivo



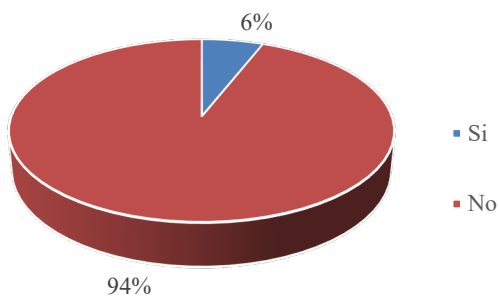
**Pregunta 29**

¿Existe variación en el clima a comparación de años anteriores?



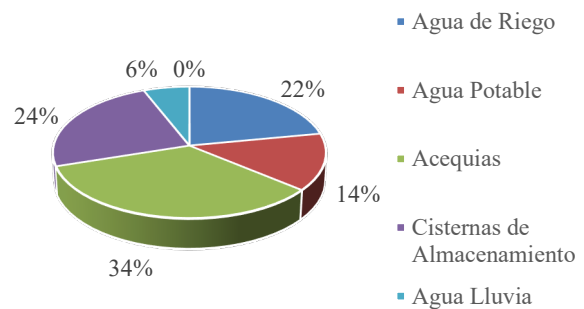
**Pregunta 30**

La Ganadera y Agricultura generan contaminación al aire



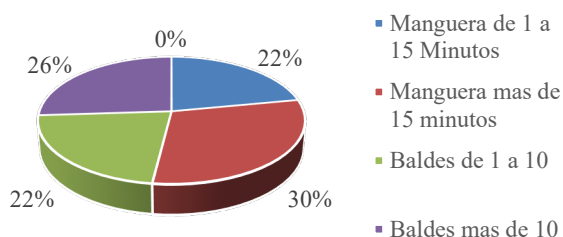
**Pregunta 31**

Procedencia Agua destinada para la limpieza de corrales



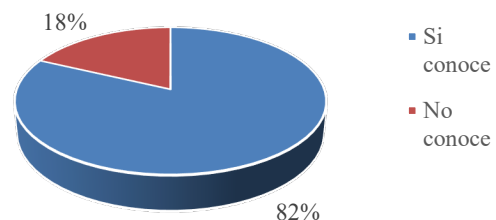
**Pregunta 32**

Tiempo y mecanismo de uso de agua en la limpieza de los corrales



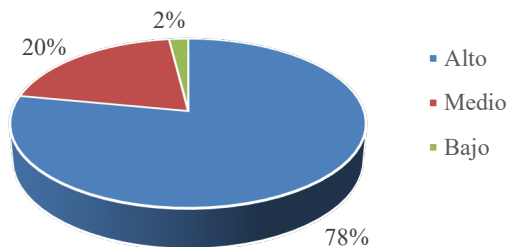
**Pregunta 33**

¿Conoce a donde va el agua utilizada?



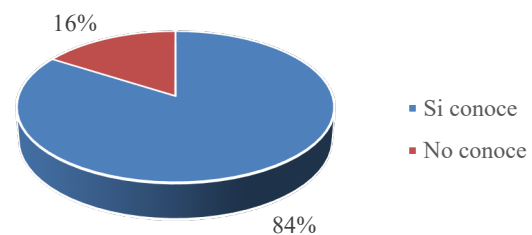
**Pregunta 34**

Importancia del cuidado ambiental



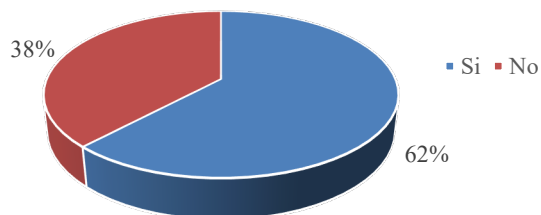
**Pregunta 35**

Conocimiento de iniciativas o actividades sobre el ahorro de agua



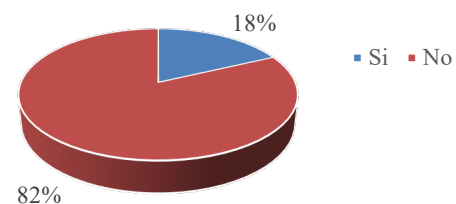
**Pregunta 36**

¿Ha oído hablar de la contaminación ambiental ?



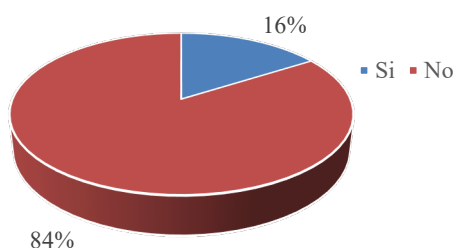
**Pregunta 37**

¿Cree usted que la actividad ganadera produce daño ambiental ?



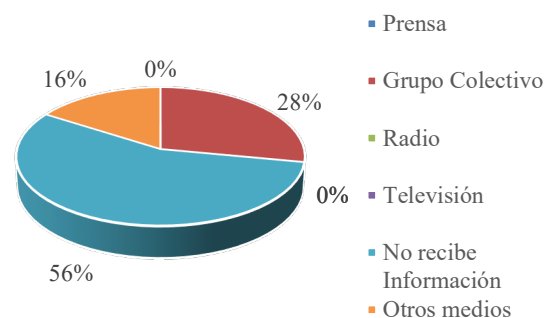
**Pregunta 38**

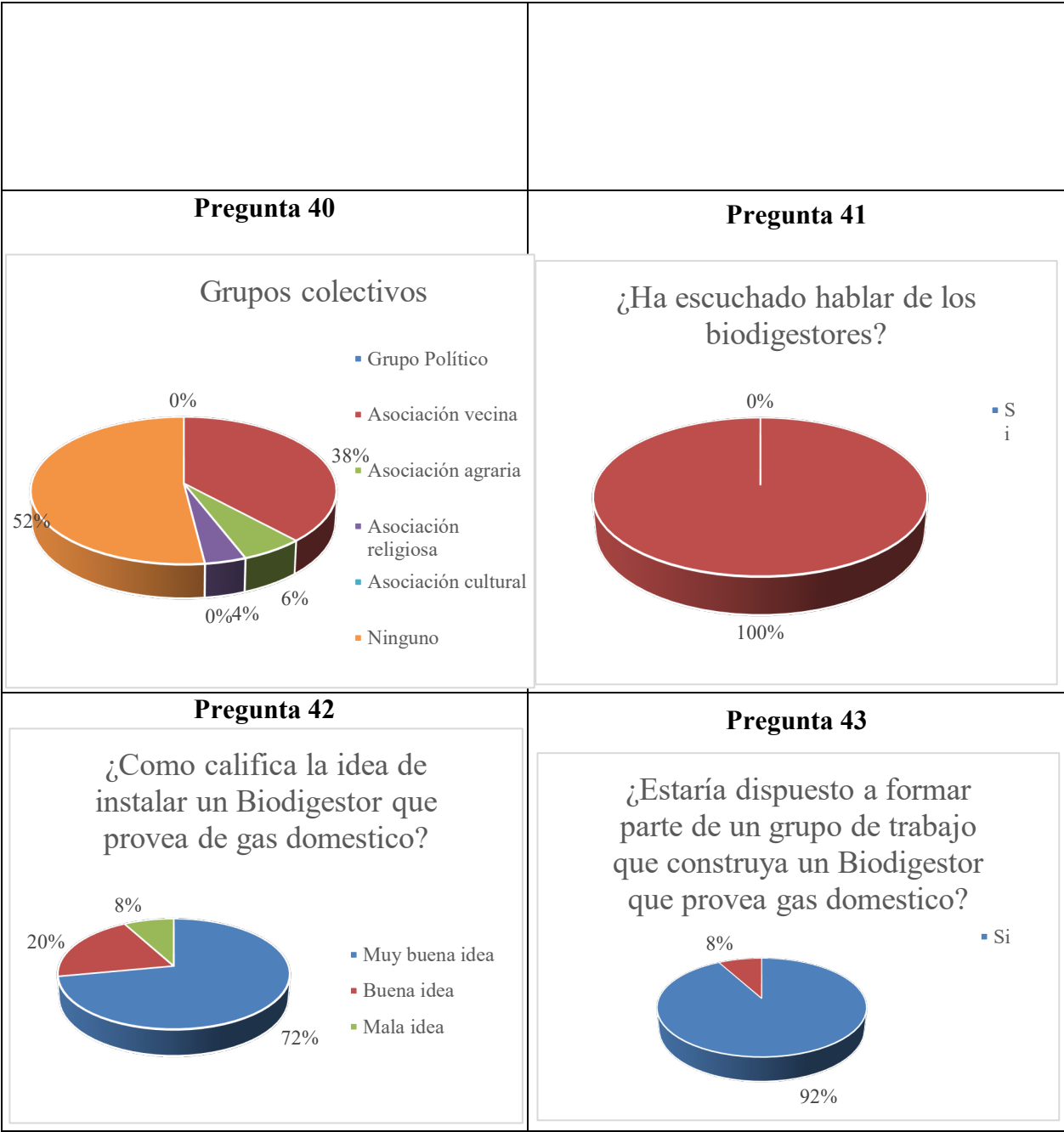
¿Conoce sobre las actividades de cuidado del medio ambiente que realiza el GAD parroquial?



**Pregunta 39**

Medios de difusión utilizados por el GAD





## 7.8 Anexo 8. Informe Resultados Suelo Contaminado con Excretas

**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA**

**Cliete:** ROBINSON DANILO SALGUERO BALDES

**Dirección:** Francisco de San Miguel

**Contacto:** Robinson Salguero

**Cantidad de muestras:** 1

**Fecha de ingreso:** junio 7, 2021

**Matriz:** suelo

**Tel/Cel:** (+593) 098 733 5217

**E-mail:** rsalguero@est.ups.edu.ec

**Nº de Informe:** 21 323

**Fecha Emisión:** junio 21, 2021

**Fecha de Análisis:** junio 7 al 16, 2021

Pág. 1 de 1

**INFORME DE RESULTADOS**

Identificación de Elusario	Unidad	GRANJA CONTAMINADA CON EXCRETAS LSA21 432	NIVELES SUFICIENTES (*)	MÉTODO DE VALORACIÓN
Potencial Hidrógeno	U pH	6,79	6,5 - 6,9	SM 4500-H+ A y 4500-H+ B
Conductividad Eléctrica	mS/cm	2,06	0,5 - 1,49	ELECTRÓNICO MYRON
Materia Orgánica	%	1,40	3,3 - 4,8	WALKLEY-BACK
Nitratos	mg/L (NO3)	112,34	29,0 - 112,0	SM 4500-NO3: C
Fósforo	ppm (P)	72,21	16,0 - 80,0	SM 4500-P: E
Potasio	meq/100 mL (K)	1,18	2,0 - 3,1	SM 4500-P: E
Calcio	meq/100 mL (Ca)	4,26	5,2 - 10,0	SM 3111-B
Magnesio	meq/100 mL (Mg)	3,17	3,1 - 5,1	SM 3111-B
Sodio	meq/100 mL (Na)	0,97	< 2,0	SM 3111-B
Capacidad de Intercambio Catiónico	meq/100 mL (CIC)	9,57	11,0 - 280,0	SM 3111-B (CÁLCULO)
Hierro	ppm (Fe)	33,65	9,1 - 12,0	SM 3111-B
Cobre	ppm (Cu)	3,56	0,8 - 1,2	SM 3111-B
Manganeso	ppm (Mn)	23,75	7,1 - 12,0	SM 3111-B
Zinc	ppm (Zn)	4,50	4,1 - 9,3	SM 3111-B
Arena	(%)	72	N.A.	PIPETA ROBINSON
Limo	(%)	26	N.A.	PIPETA ROBINSON
Arcilla	(%)	2	N.A.	PIPETA ROBINSON

**DATOS ADICIONALES:**

U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centímetro; %: porcentaje; meq/100 mL: miliequivalentes cada cien mililitros; mg/L: miligramos por litro; ppm: partes por millón

\*: para el cultivo de rosas- según Intagri, 2016; N.A.: no aplica;


SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "APHA";

[3] Agua destilada: pH, conductividad eléctrica, relación agua-suelo (1:2)

**Observaciones**

Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el CLIENTE;

Ing. Agr. Orlando Gualavisi  
Fecite de Suelos y Agua



**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA**

Cayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 (2) 3962946 / 3962800 ext. 2504-2534.

Correo electrónico: ogualavisi@ups.edu.ec / bioagrolab@ups.edu.ec

## 7.9 Anexo 9. Resultados Matriz de causa y efecto (Leopold)

MATRIZ DE LEOPOLD																							
Componentes		Factores ambientales		Actividades que se Desarrollan en el Manejo y Crianza Porcina																			
				Actividades rutinarias				Actividades no rutinarias				De gestión ambiental											
				Alimentación de cerdos	Limpieza de corrales	Control de roedores	Comercialización de cerdos	Administración de medicamentos	Extracción de semen	Aislamiento de cerdos enfermos	Sacrificio de cerdos	Almacenamiento de estiércol	Vertidos líquidos	Eliminación de desechos inorgánicos	Eliminación de desechos orgánicos								
		Agua	Calidad de agua superficial	-2	-5		-5	-5				-4	-4	-3	-2	-3	40	-33	-33	-59			
				4	4		5	5				4	4	5	4	5							40
			Calidad de vertientes de agua	-1	-2		-3	-2				-3	-5	-3	-3	-4	35	-26	-26				
				4	4		5	5			4	4	5	2	2	35							-26
		Erosión		-3		-2	-4			-3	-2	-5	-6	-2	-3	18	-30	-30					
				2		2	1			3	1	3	4	1	1							18	-30
Abiótico	Físico	Suelo	Calidad del suelo por presencia de desechos		-3		-2	-4			-2	-4	-4	-5	-2	-3	23	-29	-29	-62			
					4		1	5			1	2	5	2	2	1						23	-29
			Acumulación de residuos		-2				-1								3	-3	-3				
					2				1							3						-3	3
		Aire	Olores desagradables		-2			-1				-4	-7				9	-14	-14	-33		-154	120
					2			1			3	3				9							
			Nivel de ruido	-1	-1			-2		-3		-3					6	-9	-9				
				1	1			1		1		2				6							
			Partículas dispersas en el ambiente		-3		-3								-2	-2	6	-10	-10				
					2		2							1	1	6							
Biótico	Biológico	Fauna	Micro fauna		-3	-4		-4								10	-11	-11	-43	-97			
					2	4		4													10		
			Especies en peligro										-3	-4	-3	-3	15	-13			-13		
												2	5	4	4	15							
			Aves												-4			1			-4	-4	
														1			1						-4
																						Total, impacto del proyecto	

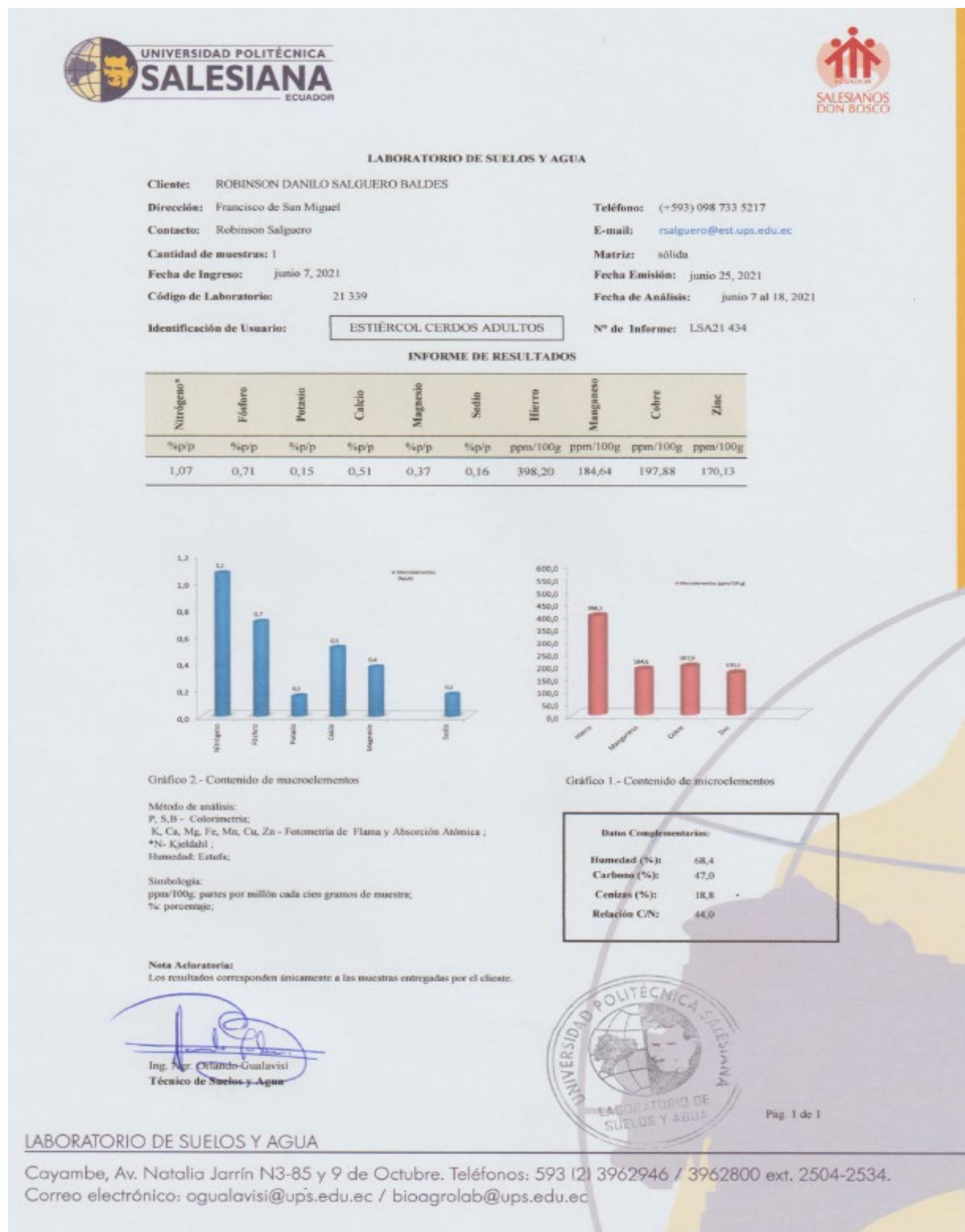
			Mamíferos		-2	-1		-2					-4		-3	-3		-15	-15					
					1	1		2					2		2	2	10		10					
			Flora	Afectación a especies nativas									-4	-6	-2	-2			-14	-14	-53		46	
												3	5	2	2	12		12						
				Alteración del paisaje				-4					-5	-4	-5	-3	-3			-24				-24
								5					5	4	3	2	2	21		21				
			Aporte de compuestos nocivos		-6		-5							-4					-15	-15				
					5		4							4			13		13					
			Socioeconómico		población	Educación											5	5	10		10		46	98
																	5	5	10		10			
Salud		9				8		9	8		7		5		5	5	56		56	63	93			
		6				3		6	5		6		5		4	4	39		39					
Generación de vectores	-3										-4	-7	-6					-20	-20					
	2										3	5	4				14		14					
Empleos							9										9		9	52	-153			
							9										9		9					
	Econ	Calidad de vida					7	6		6	5				3		8	8	43		43	30		280
							3	3		3	3				3		3	3	21		21			
Promedios positivos			0	16	14	9	15	12	0	7	0	8	0	18	18				-153					
Promedios negativos			-7	-30	-5	-24	-20	-1	-3	-9	-32	-46	-40	-22	-26									
Promedios aritméticos			-7	-14	9	-15	-5	11	-3	-2	-37	-38	-40	-4	-8									






## 7.10 Anexo 10 Informe Resultados de Excretas


### 7.10.1 Resultados Cerdos Adultos



## 7.10.2 Resultados Cerdos Jóvenes



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA**  
ECUADOR



**SALESIANOS  
DON BOSCO**

**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA**

**Cliente:** ROBINSON DANILO SALGUERO BALDES

**Dirección:** Francisco de San Miguel

**Contacto:** Robinson Salguero

**Cantidad de muestras:** 1

**Fecha de Ingreso:** junio 7, 2021

**Código de Laboratorio:** 21 340

**Identificación de Usuario:** ESTIÉRCOL CERDOS JÓVENES

**Teléfono:** (+593) 098 733 5217

**E-mail:** rsalguero@est.ups.edu.ec

**Matriz:** sólida

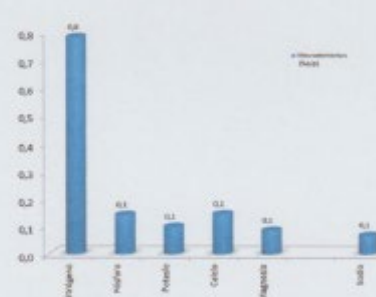
**Fecha Emisión:** junio 25, 2021

**Fecha de Análisis:** junio 7 al 18, 2021

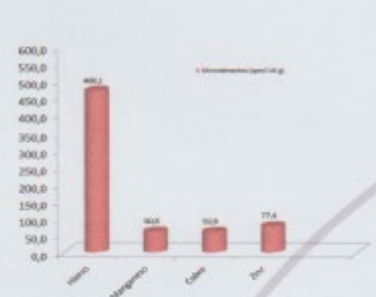
**N° de Informe:** LSA21 435

**INFORME DE RESULTADOS**

Nitrógeno*	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc
%p/p	%p/p	%p/p	%p/p	%p/p	%p/p	ppm/100g	ppm/100g	ppm/100g	ppm/100g
0,78	0,14	0,10	0,14	0,08	0,07	469,18	60,77	59,91	77,36



**Gráfico 2.- Contenido de macroelementos**



**Gráfico 1.- Contenido de microelementos**

**Método de análisis:**  
P, S, B - Colorimetría;  
K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn - Fotometría de Flama y Absorción Atómica;  
\*N- Kjeldahl;  
Humedad: Estufa;

**Simbología:**  
ppm/100g: partes por millón cada cien gramos de muestra;  
%: porcentaje;

**Nota Aclaratoria:**  
Los resultados corresponden únicamente a las muestras entregadas por el cliente.


**Datos Complementarios:**

Humedad (%): 74,7


Carbón (%): 34,3

Cenizas (%): 40,6

Relación C/N: 44,0



Ing. Agr. Orlando Gualavisi  
Técnico de Suelos y Agua




Pág. 1 de 1


**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA**

Cayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 (2) 3962946 / 3962800 ext. 2504-2534.  
Correo electrónico: agualavisi@ups.edu.ec / bioagrolab@ups.edu.ec

### 7.10.3 Resultados Mezcla Cerdos Jóvenes y Adultos



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA  
ECUADOR**



**SALESIANOS  
DON BOSCO**

**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA**

**Cliente:** ROBINSON DANILO SALGUERO BALDES

**Dirección:** Francisco de San Miguel

**Contacto:** Robinson Salguero

**Cantidad de muestras:** 1

**Fecha de Ingreso:** junio 7, 2021

**Código de Laboratorio:** 21 341

**Identificación de Usuario:** CERDOS JÓVENES ADULTOS MIX

**Teléfono:** (+593) 098 733 5217

**E-mail:** [rsalguero@est.ups.edu.ec](mailto:rsalguero@est.ups.edu.ec)

**Matriz:** sólida

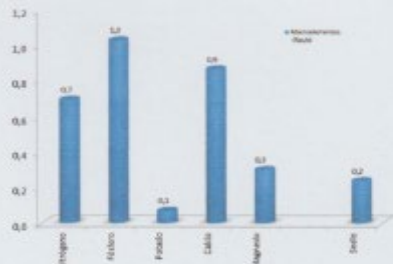
**Fecha Emisión:** junio 25, 2021

**Fecha de Análisis:** junio 7 al 18, 2021

**Nº de Informe:** LSA21 436

**INFORME DE RESULTADOS**

Nitrógeno <sup>a</sup>	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc
%p/p	%p/p	%p/p	%p/p	%p/p	%p/p	ppm/100g	ppm/100g	ppm/100g	ppm/100g
0,69	1,03	0,07	0,86	0,30	0,24	452,68	119,10	102,23	115,70

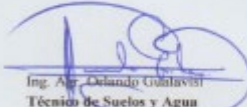


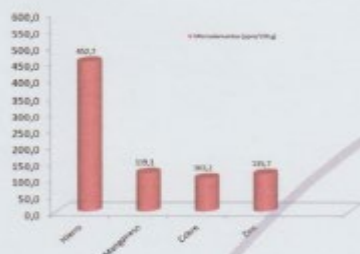
**Gráfico 2.- Contenido de macroelementos**

**Método de análisis:**  
P, S, B - Colorimetría;  
K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn - Fotometría de Flama y Absorción Atómica;  
\*N- Kjeldahl;  
Humedad: Estufa;

**Simbología:**  
ppm/100g: partes por millón cada cien gramos de muestra;  
%: porcentaje;

**Nota Aclaratoria:**  
Los resultados corresponden únicamente a las muestras entregadas por el cliente.

  
**Ing. Agr. Odelando Guiltavisi**  
**Técnico de Suelos y Agua**



**Gráfico 1.- Contenido de microelementos**


**Datos Complementarios:**

**Humedad (%):** 69,0

**Carbono (%):** 46,0

**Cenizas (%):** 20,5

**Relación C/N:** 66,6



Pág. 1 de 1

**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA**

Cayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 (2) 3962946 / 3962800 ext. 2504-2534.  
Correo electrónico: [ogualavisi@ups.edu.ec](mailto:ogualavisi@ups.edu.ec) / [bioagrolab@ups.edu.ec](mailto:bioagrolab@ups.edu.ec)